



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

ALZENIA MENEZES SILVEIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE USANDO ANÁLISE
MULTIVARIADAS DE DADOS

SÃO CRISTOVÃO - SE

SETEMBRO /2014



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS HÍDRICOS

ALZENIA MENEZES SILVEIRA

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE USANDO ANÁLISES
MULTIVARIADAS DE DADOS

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Sergipe como um dos requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Recursos Hídricos.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Elisangela de Andrade Passos

SÃO CRISTOVÃO - SE
SETEMBRO/ 2014

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

Silveira, Alzenia Menezes
S587a Avaliação da qualidade da água da bacia hidrográfica do Rio
Sergipe usando análises multivariadas de dados / Alzenia
Menezes Silveira ; orientadora Elisangela de Andrade Passos. –
São Cristóvão, 2014.
120 f. : il.

Dissertação (mestrado em recursos hídricos) –
Universidade Federal de Sergipe, 2014.

1. Água - Qualidade. 2. Água - Análise. 3. Bacias
hidrográficas. 4. Sergipe, Rio (SE). I. Passos, Elisangela de
Andrade, orient. II. Título.

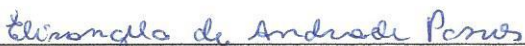
CDU 556.51(813.7)

ALZENIA MENEZES SILVEIRA

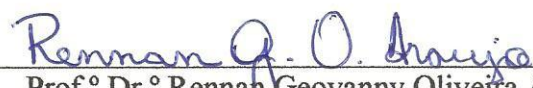
**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO SERGIPE USANDO ANÁLISES
MULTIVARIADAS DE DADOS**

Dissertação de mestrado apresentada
ao Programa de Pós-Graduação em
Recursos Hídricos da Universidade
Federal de Sergipe como um dos
requisitos parciais para obtenção do
título de Mestre em Recursos Hídricos.

APROVADO (A): Aracaju, 22 de setembro de 2014.


Prof.^a Dr.^a Elisângela de Andrade Passos - Orientadora
Universidade Federal de Sergipe


Prof.^o Dr.^o Carlos Alexandre Borges Garcia
Universidade Federal de Sergipe


Prof.^o Dr.^o Rennan Geovanny Oliveira Araújo
Universidade Federal da Bahia

SÃO CRISTOVÃO – SE
SETEMBRO / 2014

Os meus avós foram pessoas muito especiais e importantes em minha vida, juntamente com meus pais, me ensinaram valores primordiais para vivermos neste mundo tão difícil, agradeço a cada um o carinho, o cuidado e tudo que me proporcionaram, mas preciso fazer uma referencia especial a minha avó paterna (in memoriam) Maria da Fé Menezes Silveira. Uma grande mulher, sábia, com o dom da oratória e a unção de DEUS. Buscou sempre dar aos seus filhos, a educação que tanto lutou na sua infância para ter; pois naquela época, mulher era somente para os serviços domésticos. Ela costumava dizer que a maior riqueza de alguém era o estudo, saber ler para ela era primordial, pois como falar de DEUS para as pessoas sem saber ler o melhor livro do universo: A Bíblia Sagrada. Portanto este trabalho é dedicado a eles meus avós queridos (in memoriam) e em especial a esta mulher simples, mas grandiosa em sua essência, Maria da Fé Menezes Silveira (in memoriam).

AGRADECIMENTOS

A **DEUS**, que me deu a vida e permitiu que eu chegasse até aqui, sem ti senhor nada sou, ao senhor DEUS toda adoração, honra, glória e louvor.

Aos meus pais Alfan e Alzemira, por sempre me incentivarem e apoiarem, em meu crescimento intelectual.

Aos meus irmãos Aldrey, Alfan Junior, Luana e Milena minha sobrinha, que sempre me deram suporte para seguir em frente.

Aos demais membros da família meus tios e primos, mesmo tendo pouco contato, mas estavam sempre presentes, por mensagem ou telefone, me incentivando a seguir em frente.

A todos os professores e coordenadores do programa de pós-graduação em Recursos Hídricos, que sempre mantiveram o apoio a todos os alunos, incentivando e orientando, para concluirmos esta etapa da vida acadêmica, aos colegas do mestrado em Recursos Hídricos Ramom, Tamara, Isabela, Luiz, Marcos, Mateus, Jean, Halley, Camila, pela companhia em todas as nossas atividades.

Ao prof.^o Dr. Carlos Alexandre Borges Garcia, pelo incentivo para desenvolver este trabalho, a prof.^a Dr.^a Elisangela de Andrade Passos, por todo o suporte e pela orientação para que este trabalho tenha sido concretizado.

A pesquisadora da Universidade Tiradentes – UNIT, prof.^a Dr.^a Maria Nogueira Marques, por fornecer todas as análises e confiar em passar todos dados que foram base deste trabalho, por passar as orientações necessárias e esclarecer cada dúvida que surgia para elaborar e apresentar esta dissertação, um desafio para mim e uma responsabilidade enorme, pois confiar a uma aluna que não é química a missão de tratar os dados desta pesquisa e apresenta-los neste trabalho.

Ao querido prof.^o Dr.^o Rennan Geovanny Oliveira Araújo, pelos ensinamentos e ajuda nas disciplinas que também me deram suporte e foram fundamentais para concluir este trabalho, sem esse “pai do coração” que me adotou, não sei se teria chegado até aqui. Externo também meus agradecimentos a alguns amigos que ganhei no departamento de química uma família especial para mim: Dayanne, Dayara, Felipe, Jeferson, Mayra, Oseas, Samir, Silvânio e sua noiva Cristiane, Sanny e Sidney.

A prof.^a Dr.^a Maria Lúcia de Oliveira Falcón, esta mulher foi a primeira responsável por este momento, me apoiou desde o início, me autorizou a ausentar-me do trabalho na Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano - SEDURB, quando necessário para cumprir com as atividades que o mestrado requereu de mim, eu a chamo de **Minha Madrinha Acadêmica**, uma grande amiga que vou levar no coração para toda a vida; neste momento agradeço também ao atual secretário da SEDURB, Eng.^o Carlos Fernandes de Melo Neto, por me permitir, continuar e concluir este mestrado, mesmo em meio ao trabalho intenso desta secretaria.

Ao Eng.^o Lyndon Johnson Vasconcelos Silva e a toda equipe da LJ Engenharia Ltda., do período de 2012 a 2013, pelo suporte e apoio durante o período que estive com vocês.

Aos colegas do Núcleo de Aprovação e Licenciamento de Projetos – NALP da SEDURB, Ana Catiele, Damara Cunha, Tarcísio Santana; a Mary Rego “**minha mãe do coração**”, a Patrícia Diniz e aos demais colegas e amigos desta secretaria, pelo apoio e suporte nos momentos em que precisei de cada um de vocês, estarão sempre em meu coração.

A companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, que através da Diretoria de Meio Ambiente – DMAE, forneceram informações para compor este trabalho e em especial agradeço aos amigos o Geógrafo Msc. Claudio Júlio Machado Mendonça Filho pelas orientações e ensinamentos, que foram muito valiosos para mim e ao prof.º Dr.º Luiz Carlos Sousa Silva, por me incentivar a ingressar neste mestrado.

Aos meus eternos e queridos amigos do Colégio de Aplicação - CODAP, ter a amizade vocês é um privilégio para poucos, muito obrigada por entenderem quando eu não pude dividir alguns momentos importantes com vocês.

Aos amigos da Administração Estadual do Meio Ambiente – ADEMA, em especial Ana Consuelo, Antonelli, Benjamim, Monica, Péricles, Regina Torres **“outra mãe do coração”**, Ubirajara, Valdelice e os demais dos setores: DITEC, GABINETE, GELIC, GEFIS, GEAlA, GEAMA e SUDES, pelo apoio sempre mesmo em meio aos processos de licenciamento complicados, tinham sempre uma palavra de incentivo.

Aos amigos da Controladoria Geral do Estado – CGE, Gleide, Isabel, Kelly, Maria Ivanildes, Maria Melo, Miguel, Monique, Valter e Victor Hugo; aos amigos da Secretaria de Planejamento Orçamento e Gestão - SEPLAG, Alan, Fernanda e seu filho Otto, Marcio, Simone, obrigada pelo apoio, incentivo e suporte; a amiga Maria de Lourdes Tavares, muitas vezes utilizei o seu acesso a biblioteca da FANESE para estudar, pessoas maravilhosas que fazem parte do meu cotidiano e hoje digo a cada um muito obrigada o apoio de vocês foi muito importante para superar o cansaço, seguir em frente e não desistir.

Aos meus queridos professores do Instituto Federal de Sergipe-IFS, Ana Patrícia, Cicero Marques, Elza Ferreira, Lício Valério, Ligia Maria, Regina Célia Bastos, Wellington Vilar e aos colegas da graduação, Eudes Bomfim, **“meu irmão de coração”**, Felipe Carvalho, Frederico Conrado, Regivaldo Clementino e Rosana Rocha, que sempre estiveram comigo, dando apoio para que eu seguisse em frente.

Ao amigo Sérgio Daniel do DER, que sempre me apoiou e me ajudou muito com o inglês para a proficiência e com a tradução do abstract deste trabalho; aos amigos queridos da igreja presbiteriana 12 de agosto, por entenderem minha ausência estes últimos meses, mas sempre me apoiando.

As professoras e os amigos da academia hidroforma que sempre me incentivaram, a Ariane Martins, fisioterapeuta que vem cuidando de mim nos últimos meses, os exercícios e sua calma me ajudaram muito nos períodos em que as crises de coluna eram fortes e tinha que cumprir prazos para a orientadora.

E aos meus amigos queridos que tenho conquistado nesta vida, alguns próximos, outros distantes, todos são muito especiais e para não esquecer nenhum não vou citar nomes, vocês sabem quem são! Muito obrigada, por cada palavra de incentivo e apoio, vocês também foram importantes nesta etapa da minha vida e são muito importantes para mim!

Com carinho, muito obrigada a todos vocês!

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar e interpretar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que interferem na qualidade das águas da bacia Hidrográfica do Rio Sergipe. Foi elaborado com informações extraídas do relatório de pesquisa contratado pela FAPITEC/SE /MCT/CNPq/2007; para a avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe, elaborado pela pesquisadora prof. ^a Dr.^a Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS; para verificar a qualidade da água nas referidas bacias hidrográficas, baseados nos conceitos de Índices de Qualidade da água (IQA). Foi aplicado aos dados analisados das coletas realizadas nesta pesquisa, a análise multivariada de dados, como a análise de componentes principais - PCA e análise de agrupamento hierárquica - HCA, as amostras coletadas, foram analisadas quanto aos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos de DBO, turbidez, cor aparente, pH, OD, clorofila-a, sólidos dissolvidos totais, óleos e graxas, fósforo total, nitrogênio amoniacal, Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_4^{3-} , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} , Cu, Mn, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn, COT e coliformes termotolerantes. As amostras foram coletadas em seis pontos de amostragem da bacia hidrográfica do rio Sergipe, no período seco e chuvoso, e analisadas utilizando os métodos de padrões para análise de águas e efluentes o “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (2005) -SMEWW e U.S. Environmental Protection Agency- Method 300.0 - US-EPA 300. Os resultados mostram altos valores de concentração para turbidez, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, dureza total, óleos e graxas, alcalinidade total e sólidos dissolvidos totais; íons maiores: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} ; clorofila-a e nutrientes: fósforo total, nitrogênio total, N - NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} ; TOC, DBO, DQO, Coliformes e Fe, todos muito acima dos valores máximos permitidos pela resolução nº: 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA para rios de classe 1 e 2, que classifica as águas destinadas ao consumo humano. Com os resultados obtidos após a aplicação das análises PCA e HCA, identificou-se que a tendência dos possíveis grupos com os pontos P1 e P5 e os pontos P3 e P4 para todos os parâmetros analisados juntos. Mesmo analisando os parâmetros de acordo com as matrizes de correlação, pode-se observar que os mesmos pontos se separam indicando nos resultados a contaminação que ocorre na área da bacia hidrográfica do rio Sergipe, por ações antropogênicas devido ao uso e ocupação do solo, indicando a necessidade de desenvolver ações para o controle e tentativa de minimização dos impactos gerados por estes atores de poluição.

Palavras-chave: Qualidade da água, Bacia hidrográfica do rio Sergipe, análise multivariada de dados.

ABSTRACT

This paper was aimed to assess and expounds the physical, chemical and microbiologic parameters which interfere in the quality of water of Sergipe River watershed. It was done from the information taken out from a research report done by FAPITEC/SE/MCT/CNPq/2007; to assess metals and trace-elements in the watershed of Japaratuba River, Sergipe River, Vaza-Barris River, Piauí River and Real River in Sergipe State, it was detailed by Researcher Doctor Professor Maria Nogueira Marques and the team of Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS; to verify the quality of the water in those watershed, based on Water Quality Index (WQI). It was done an analysis of the data collected in this research. It was also done a multivariate data analyzed as well as main components – PCA and analysis of hierarchic group – HCA, the collected sample was analyzed based on physical, chemical and microbiologic parameters of DBO, turbidity, apparent color, pH, OD, chlorophyll-a, total dissolved solid, oil and waxes, total phosphorus, ammoniac nitrogen, Cl, NO₂, NO₃, SO₄⁻², PO₄⁻³, Na⁺, K⁺, Mg₂⁺, Ca₂⁺, Cl, SO₄²⁻-Cu, Mn, Pb, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn, COT and thermotolerant coliform. The samples were collected in six parts of sample Sergipe River watershed in the period of dry and rainy and the samples were analyzed by the standard methods to analyze water and effluents the “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (2005) – SMEWW and U.S. Environmental Protection Agency – Method 300.0 – US-EPA 300. The results present high value of concentration for turbidity, apparent color, pH, dissolved oxygen, conductivity, total hardness, oil and waxes, total alkalinity and total dissolved solid; great ions: Na⁺, K⁺, Mg₂⁺, Ca₂⁺, Cl, SO₄²⁻, chlorophyll-a and nutrients; total phosphorus, total nitrogen: N-NH₃, NO₃⁻, NO₂⁻, PO₄³⁻, TOC, DBO, DQO, coliform and Pb, all of them over the maximum value allowed by the resolution nº 357/2005 from Conselho Nacional de Meio Ambiente – CONAMA for rivers type 1 and 2, which classify the water destined for human consume. With the results collected after adding of analysis PCA and HCA, it was identified that tendency of possible groups with point P1 and P5 and the parts P3 and P4 for every parameters analyzed altogether. Even analyzing the parameters according to matrix of correlation, it is possible to observe that the same points self-separated indicating in the results the contamination which occur in the area of Sergipe River watershed, for anthropogenic actions due to the use and occupation of the ground, indicating the necessity of developing actions to control and tentative of shorten the impact generated because of those actors of pollution.

Key Words: Water quality, Sergipe River watershed, multivariate data.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Gráfico de valores de pesos para PC1 x PC2	43
Figura 02 - Dendrograma	45
Figura 03 - Divisão da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe	51
Figura 04 - Pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Sergipe	53
Figura 05 - Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC1 x PC2	89
Figura 06 - Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC1 x PC3	90
Figura 07 - Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC 1 x PC 4	91
Figura 08 - Gráfico de valores de peso metais PC 1 x PC 2	93
Figura 09 - Gráfico de valores de peso íons maiores, TOC, nutrientes e Clorofila-a. PC 1 x PC 2	95
Figura 10 - Gráfico de valores de peso íons maiores, TOC, nutrientes e Clorofila-a. PC 1 x PC 3	96
Figura 11 - Gráfico de valores de peso íons maiores e TOC - Período seco PC 1 x PC 2	98
Figura 12 - Gráfico de valores de peso íons maiores e TOC - Período chuvoso PC 1 x PC 2	100
Figura 13 - Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - parâmetros gerais	102
Figura 14 - Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico – metais	103
Figura 15 - Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a	104
Figura 16 - Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico para os íons maiores,. TOC - Período seco	105
Figura 17 - Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - Íons maiores, TOC - Período chuvoso	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Descrição dos pontos de coleta	52
Tabela 02 - Parâmetros monitorados, metodologias adotadas, unidade, limites de quantificação dos métodos	54
Tabela 03 - Parâmetros Gerais da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de março a novembro/ 2009	57
Tabela 04 - Parâmetros Gerais da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de janeiro a novembro/2010	58
Tabela 05 - Concentração de íons maiores presentes na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de março a novembro/2009	62
Tabela 06 - Concentração de íons maiores presentes na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de janeiro a novembro/2010	63
Tabela 07 - Concentração de clorofila e nutrientes da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro/2009	67
Tabela 08 - Clorofila e Nutrientes da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre janeiro a novembro/2010	68
Tabela 09 - Concentração de TOC,DBO, DQO, coliformes, da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro/2009	71
Tabela 10 - Concentração de TOC,DBO, DQO,Coliformes, da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro/2010	72
Tabela 11 - Concentração de Metais na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro/2009	75
Tabela 12 - Concentração de Metais na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre janeiro a novembro/2010	76
Tabela 13 - Matriz de correlação com parâmetros gerais	79
Tabela 14 - Matriz de correlação dos metais	80
Tabela 15 - Matriz de correlação dos íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a	82

Tabela 16 - Matriz de correlação dos íons maiores e TOC período seco. (2009/2010)	84
Tabela 17 - Matriz de correlação dos íons maiores e TOC período chuvoso. (2009/2010)	85
Tabela 18 - Valores de pesos das quatro componentes principais para parâmetros gerais	88
Tabela 19 - Valores de pesos das duas das componentes principais para os metais	92
Tabela 20 - Valores de pesos das três componentes principais para íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a	94
Tabela 21 - Valores de pesos das duas componentes principais íons maiores e TOC período seco. (2009/2010)	97
Tabela 22 - Valores de pesos das duas componentes principais íons maiores e TOC período chuvoso. (2009/2010)	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA - Espectrometria de Absorção Atômica

ADEMA – Administração Estadual do Meio Ambiente

ANA - Agência Nacional das Águas

BIRD - Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento

CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos

CONAMA - Conselho Nacional de Meio Ambiente

CNUMAD - Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento

DESO – Companhia de Saneamento de Sergipe

DMAE/DESO – Departamento de Meio Ambiente e Engenharia/DESO

ETE - Estações de Tratamento de Esgoto

ERQ - Estação de Recuperação da Qualidade da Água

FAPITEC/SE – Fundação de apoio a pesquisa e à inovação tecnológica do Estado de Sergipe

HCA – Analise de Componentes Hierárquicos

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ITPS - Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe

MCT – Ministério da Ciência, Tecnologia e Informação

IQA - Índice de qualidade de água

PAS – Programa Águas de Sergipe

PCA – Analise de Componentes Principais

PROÁGUA/Semi-Árido - Subprograma de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para o Semi-árido Brasileiro

RS - Resíduos Sólidos

SEMARH – Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos

SEPLANTEC - Secretaria de Estado do Planejamento

SRH- Superintendência de Recursos Hídricos

SMEWW - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater U.S.

UFS - Universidade Federal de Sergipe

US-EPA 300 - Environmental Protection Agency- Method 300.0

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

1.	INTRODUÇÃO	19
2.	OBJETIVOS	24
2.1.	Objetivo geral	24
2.2.	Objetivo específico	24
3.	REFERENCIAL TEÓRICO	25
3.1.	Água	25
3.2.	Importância da água	25
3.3.	Uso e poluição da água	26
3.4.	Bacias hidrográficas	27
3.5.	Variáveis de qualidade da água	30
3.5.1.	pH	30
3.5.2.	Série nitrogenada	30
3.5.3.	Fósforo total	31
3.5.4.	Oxigênio dissolvido	32
3.5.5.	Demanda bioquímica de oxigênio	33
3.5.6.	Demanda química de oxigênio	33
3.5.7.	Carbono orgânico total	34
3.5.8.	Sólidos totais	35
3.5.9.	Turbidez	35
3.5.10.	Sulfato	35
3.5.11.	Ferro	36
3.5.12.	Manganês	36
3.5.13.	Bário	36
3.5.14.	Níquel	37
3.5.15.	Zinco	37
3.5.16.	Coliformes termotolerantes	37
4.	ASPECTOS LEGAIS	38

4.1.	Legislação Federal e Estadual	38
4.2.	Resolução CONAMA nº: 357/05	39
4.3.	Resolução CONAMA nº: 430/11	41
5.	ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS	42
5.1.	Análise de Componentes Principais (PCA)	42
5.2.	Análise de Agrupamento Hierárquica (HCA)	45
6.	MATERIAIS E MÉTODO	47
6.1.	Caracterização da Área de Estudo	47
6.1.1	Aspectos físicos	47
6.1.2	Aspectos socioeconômicos	48
6.1.3	Aspectos climáticos e uso do solo	50
6.2.	Metodologia	51
6.3.	Metodologia analítica	53
6.4.	Tratamento dos dados	55
7.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
7.1	Parâmetros gerais da qualidade da água	56
7.2	Íons maiores	61
7.3	Concentração de clorofila-a e nutrientes	66
7.4	Concentração de TOC, DBO, DQO e Coliformes	70
7.5	Metais	74
7.6	Análise multivariada integrada das campanhas	77
7.6.1	Análise de correlação	78
7.6.2	Análise de componentes principais (PCA)	86
7.6.2.1	PCA – Parâmetros gerais	87
7.6.2.2	PCA – Metais	92
7.6.2.3	PCA – Íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a	94
7.6.2.4	PCA – Íons maiores e TOC – período seco	97
7.6.2.5	PCA – Íons maiores e TOC – período chuvoso	99
7.6.3	Análise De Agrupamento Hierárquica (HCA)	101
7.6.3.1	HCA – Parâmetros gerais	101
7.6.3.2	HCA – Metais	103
7.6.3.3	HCA – Íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a	104
7.6.3.4	HCA – Íons maiores e TOC – período seco.....	105
7.6.3.5	HCA – Íons maiores e TOC – período chuvoso.....	106

8. CONCLUSÃO	107
9. REFERÊNCIAS	109

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável à vida. O homem, os animais, os vegetais, todo tipo de vida na terra precisa da água como substância para realizar os ciclos que são necessários para manter a vida, e a qualidade da água que consumimos interfere de forma direta. Ocupa 75% da superfície da Terra, sendo o constituinte inorgânico mais abundante na matéria viva. (LIBÂNIO,2010).

A qualidade de uma determinada água está relacionada em função das condições naturais e do uso e da ocupação do solo na bacia hidrográfica seguida dos seguintes fatores: condições naturais, interferência do homem, qualidade de uma água existente e qualidade desejável para água. (VON SPERLING,2005).

A preocupação com a água vem desde 1960, quando na reunião do Clube de Roma, na Itália, ocorreu a primeira discussão sobre os critérios de uso dos recursos hídricos superficiais, seguida em março de 1977 pela Conferência das Nações Unidas sobre as Águas realizada em Mar Del Plata na Argentina. Na ocasião, a conferência tratou sobre a água e iniciou discussões na comunidade internacional relacionada aos recursos hídricos, pois naquela época já se falava em poluição e escassez diante do crescimento desordenado pelo qual o mundo vem passando. (SANTA CATARINA,1980).

Antes da conferencia das águas acontecer em 1977, aconteceu em junho de 1972 a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo,Suécia, que considerou a necessidade de uma visão comum e de princípios comuns para inspirar e guiar os povos do mundo na preservação e melhoria do ambiente humano, citando no segundo principio da declaração das nações unidas sobre o meio ambiente que: “os recursos naturais da Terra, incluindo o ar, a água, a terra, a flora e a fauna e especialmente as amostras representativas dos ecossistemas naturais, devem ser preservados em benefício das gerações presentes e futuras, através de planejamento ou gestão cuidadosa, como apropriado”. (COSTA, DAMASCENO,SANTOS, 2014)(LAGO, 2007; TOZONI-REIS, 2002).

Dos recursos naturais, sem dúvida a água é o mais importante e a sua qualidade hoje deve ser discutida de forma prioritária. A gestão dos recursos hídricos no Brasil foi instituída pela politica nacional de recursos hídricos através da Lei Federal Nº 9.433 de 08 janeiro 1997, no entanto o nosso histórico com as políticas sobre as águas vem desde 1934 quando surgiu o primeiro documento sobre as águas, o decreto 24.643 em 10 de julho de 1934, que aprovou o

Código de Águas Brasileiro. Mas, foi na Conferência ECO-92; que se passou a dar mais importância aos nossos recursos hídricos. (SANTA CATARINA,1980).

A ECO-92 aconteceu na cidade do Rio de Janeiro, chamada também de conferência de cúpula da terra, teve o mesmo objetivo que a conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente humano (CNUMAD), realizada em Estocolmo, em 1972. A ECO-92 aconteceu no Rio de Janeiro vinte anos após a realização da primeira conferência sobre o meio ambiente, onde representantes de cento e oito países do mundo reuniram-se para decidir que medidas tomar para conseguir diminuir a degradação ambiental e garantir a existência de outras gerações. A intenção desse encontro era introduzir a idéia do desenvolvimento sustentável, um modelo de crescimento econômico menos consumista e mais adequado ao equilíbrio ecológico. A diferença entre 1972 e 1992 foi a presença maciça de Chefes de Estado, fator indicativo da importância atribuída à questão ambiental no início da década de 1990. Essa conferência gerou como documento oficial assinado por todos os países participantes a carta da terra; esta trata de três convenções: biodiversidade, desertificação e mudanças climáticas, onde a água tem sua importância e um capítulo específico foi escrito para esse bem essencial à vida e ao desenvolvimento socioeconômico. (SANTA CATARINA,1980).

A partir deste referencial e incorporando as experiências vividas em diversos estados brasileiros, surgiu uma política nacional para o setor, países subdesenvolvidos já vinham enfrentando problemas com abastecimento de água.

Em Sergipe, a preocupação com as suas bacias hidrográficas teve início em 25 de setembro 1997 com a criação da lei estadual Nº 3.870, baseada na lei federal e a Superintendência de Recursos Hídricos em Sergipe (SRH), que é a responsável por monitorar os usos das águas para que este seja feito de forma consultiva e racional, como recomenda a legislação. (SERGIPE,2014).

A preocupação com a qualidade das águas de nossas bacias hidrográficas, despertou em alguns pesquisadores o interesse em obter informações sobre os recursos hídricos em Sergipe, na busca de melhorar a qualidade das águas nas mais diversas áreas às quais são destinadas os usos prioritários deste recurso (SERGIPE,2014).

Em consonância com a legislação em vigor, o Estado de Sergipe vem implementando, algumas ações que tiveram início através da Secretaria de Estado do Planejamento - SEPLANTEC/SRH, com o Programa Estadual de Apoio à Gestão Participativa dos Recursos Hídricos, como forma de adequar sua política ao novo ideário da gestão compartilhada dos bens públicos e do desenvolvimento sustentável.

O referido Programa foi previsto para ser implementado no quinquênio 2000/2004 e inicialmente a proposta era a abranger as seis bacias hidrográficas existentes no Estado à época, tendo sido iniciado pela Bacia do Rio Sergipe, onde esta foi escolhida para experiência do projeto piloto, que mais a frente serviria para as demais bacias. Sua finalidade principal consistia em sensibilizar e mobilizar a sociedade civil, os setores potencialmente usuários de água, e os poderes públicos para a gestão participativa, objetivando assegurar o uso múltiplo e a preservação dos recursos hídricos do Estado. (SERGIPE,2014).

Em 2010, o Estado de Sergipe começou a elaborar os relatórios para construir o plano estadual de recursos hídricos; estes foram concluídos em 2011. Foram apresentados diagnósticos e prognósticos gerais sobre as bacias hidrográficas e paralelamente o plano estadual de Recursos Hídricos, paralelamente a elaboração deste, tem-se também relatório final do programa Águas de Sergipe, apresentado em 2010 apresentado pelo governo do Estado ao Banco Mundial – BIRD, visando atender as políticas de salvaguardas ambientais e sociais que o banco exige para financiar os seus projetos. (SERGIPE,2014).

O relatório do programa águas de Sergipe (PAS), teve como objetivo geral fortalecer o marco institucional das políticas publicas para a gestão integrada dos recursos hídricos e meio ambiente no Estado de Sergipe e implementar ações que contribuam para a revitalização da bacia hidrográfica do Rio Sergipe, sob uma perspectiva integrada, prioriza investimentos no rio principal e na região metropolitana de Aracaju por ser a área de maior ocupação populacional com 46% dos moradores da bacia nesta área, buscando a expansão e melhoria da infra-estrutura hídrica e de saneamento ambiental da bacia hidrográfica, propiciando a recuperação, proteção e o potencial aproveitamento sustentável de seus recursos naturais. (SERGIPE,2014).

O relatório do programa águas de Sergipe, sobre a bacia hidrográfica do rio Sergipe objeto deste estudo, destaca diversas questões sobre os problemas que interferem na qualidade da água, temos como algumas destas questões o lançamento de efluentes sanitários e industriais em diversos afluentes da bacia e a disposição dos resíduos sólidos a céu aberto em lixões por toda a sua área. (SERGIPE,2014).

Paralelamente a estes trabalhos do governo, pesquisadores das instituições de ensino superior e de pós-graduação que atuam no estado, vêm desenvolvendo trabalhos sobre a qualidade das nossas águas, com estes trabalhos a superintendência de Recursos Hídricos do estado, vem somando informações para implementar e melhorar programas de ações que

estarão sendo propostos para a revitalização das bacias hidrográficas e de seus mananciais. (SERGIPE,2014).

A bacia hidrográfica do rio Sergipe, é tema de diversos documentos de estudo como trabalhos acadêmicos, teses de mestrado e doutorado e livros, onde aqui destaca-se alguns como, distintos olhares dos rios sergipanos, organizado pelo prof.º Dr.º Antenor de Oliveira Aguiar Netto e pelo prof.º Msc. Eduardo Lima de Matos, professores na UFS; rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação, organizado pelo prof.º Dr.º José do Patrocínio Hora Alves, professor na UFS; meio ambiente: distintos olhares, organizado pelo prof.º Dr.º Antenor de Oliveira Aguiar Netto e pela prof.ª Dr.ª Laura Jane Gomes(2010), professores na UFS e território, meio ambiente e turismo no litoral sergipano, organizador pelo prof.º Dr.º José Wellington Carvalho Vilar, professor no IFS e pelo prof.º Dr.º Hélio Mário de Araújo, professor na UFS. Temos também elaborado pela companhia de saneamento de Sergipe-DESO, O relatório de diagnóstico e avaliação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim elaborado em parceria com os departamentos de química e engenharia agrônômica da Universidade Federal de Sergipe-UFS (2005) e os trabalhos acadêmicos voltados para a bacia como Caracterização da matéria orgânica dissolvida nas águas da bacia hidrográfica do estado de Sergipe apresentado pela mestre Adnivia Santos Costa (2011), Caracterização da qualidade da água na barragem do perímetro irrigado Jacarecica I, Itabaiana – Sergipe pela mestre Marinoé Gonzaga da Silva (2006) e Ocupação dinâmica e socioambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Cotinguiba apresentado pelo mestre Wesley Alves dos Santos e pelo Prof. Dr.º Hélio Mário de Araújo. (2012).

A Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, que atua diretamente no abastecimento de água e no tratamento de esgoto na maior parte da bacia do rio Sergipe, em atendimento a legislação em vigor, visando obter um melhor desempenho de suas estações de tratamento de água e esgoto para atender da melhor maneira a população da bacia, além de ter elaborado em parceria com os departamentos de química e engenharia agrônômica da Universidade Federal de Sergipe-UFS (2005), o relatório de diagnóstico e avaliação ambiental da Sub-Bacia hidrográfica do rio Poxim, onde tem-se na bacia o maior volume captado de água para tratamento e distribuição a população; elaborou e contratou também a implantação e manutenção de cinturões verdes (cortina arbórea) nas estações de tratamento de esgotos - ETE'S e estações da recuperação da qualidade - ERQ'S operadas pela DESO em 2012 e a contratação de serviços de reflorestamento e revegetação para atender aos projetos de preservação, conservação e recuperação de mananciais das diversas bacias hidrográficas

utilizadas pela DESO para o abastecimento público em 2013; ambos os instrumentos visam a manutenção e melhoria das áreas onde estão implantadas as estações de tratamento de água e esgoto ao longo da bacia hidrográfica do rio Sergipe. (DESO,2012,2013).

A bacia hidrográfica do rio Sergipe está inserida no plano estadual de recursos hídricos, com indicadores neste plano contemplando o desenvolvimento de ações onde se o início destas, acontece com projetos de revitalização das margens de rios que são seus afluentes e abordando sobre a qualidade das suas águas. (SERGIPE,2011).

A identificação da qualidade da água, na bacia hidrográfica do rio Sergipe será um norteador para elaboração de ações de recuperação de seus mananciais; pesquisas baseadas nos parâmetros estabelecidos Resolução nº: 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) e hoje atualizada pela Resolução nº: 430/2011 do mesmo conselho, estabelecem os padrões de classificação dos corpos hídricos, e as diretrizes ambientais para o enquadramento destes, bem como as condições e padrões de lançamento de efluentes. (SERGIPE,2011).

Segundo BOLLMANN E MARQUES (2000), a avaliação da qualidade ambiental, principalmente no que concerne à qualidade da água tem por objetivo agrupar um grande número de informações em uma forma que possibilite pronta interpretação e reconhecimento das tendências ao longo do tempo e do espaço.

Neste contexto este presente trabalho tem como finalidade apresentar a análise de parâmetros físico-químicos e microbiológicos, coletados em seis pontos da bacia hidrográfica do rio Sergipe, avaliando assim a atual situação qualidade da água desta bacia em estudo, buscando identificar os problemas que interferem no padrão de potabilidade das águas.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar os parâmetros físicos, químicos e microbiológicos que interferem na qualidade das águas da bacia hidrográfica do rio Sergipe, coletadas no período de março /2009 a novembro /2010, usando técnicas de análise multivariada de dados.

2.2. Objetivos específicos

Caracterizar as amostras de água através da determinação da concentração dos parâmetros gerais parâmetros gerais da água: turbidez, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido (OD), condutividade, dureza total, óleos e graxas, alcalinidade total e sólidos dissolvidos totais; Íons maiores: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} ; Clorofila-a e Nutrientes: Fósforo total, Nitrogênio total, $\text{N} - \text{NH}_3$, NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} ; TOC, DBO, DQO, Coliformes e Metais(Cu, Mn, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn);

Comparar os valores obtidos com os estabelecidos pela resolução nº: 357/2005 do CONAMA;

Analisar os dados através da análise de correlação, para identificar as possíveis relações entre os parâmetros estudados;

Avaliar os dados através da análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico, para identificar as possíveis tendências de grupos dos pontos de coleta.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Água

A água é de extrema importância para o homem desde a descoberta de que a produção de alimentos dependia da oferta de água usada no cultivo (GRASSI,2001).

Em toda a literatura relacionada a água, fala-se sobre a distribuição deste recurso natural em nosso planeta. O bem mineral com maior volume sobre a superfície da Terra, também é o mais escasso, está disposta em sua maioria em forma líquida, sólida e uma pequena quantidade em forma gasosa; sendo que somente 5% da água disponível no mundo é doce. (LIBÂNIO,2010).

O Brasil apresenta grande quantidade de água doce, cerca de 8% da água disponível no mundo, onde a Amazônia possui 80% desta água doce, tendo apenas 5% da população brasileira, enquanto o restante do país, com 95% da população, dispõe de 20% da água doce, o que mostra uma distribuição não uniforme desse recurso no Brasil. (SOUZA,2010).

Sergipe, o menor Estado da federação, possui seu conjunto hídrico composto por oito bacias hidrográficas: bacia hidrográfica do Rio São Francisco, bacia hidrográfica do rio Japaratuba, bacia costeira Sapucaia, bacia hidrográfica do Rio Sergipe, bacia hidrográfica do rio Vaza Barris, bacia hidrográfica do rio Piauí, bacia hidrográfica do rio Real e bacia costeira Caueira/Abaís, sendo que seis destas bacias hidrográficas são utilizadas em todo o estado para os mais diversos usos. (SERGIPE,2011).

3.2. Importância da água

A busca em todo o mundo por reservas de petróleo, o combustível movimenta o mundo ainda lidera a lista de necessidades do desenvolvimento humano. Mas alguns eventos críticos de seca mudaram esse pensamento e a ameaça de faltar água passou a ser estudada e essa substância tão simples e abundante na natureza passou a ser muito importante para o mundo. (GOMES,2011).

O Dia Mundial da Água foi instituído pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 22 de março de 1992; e a cada ano, a data é destinada à discussão dos diversos temas relacionadas a este importante bem natural, e nesta mesma data a ONU também divulgou um

importante documento: a “Declaração Universal dos Direitos da Água”, documento que apresenta uma série de medidas, sugestões e informações que servem para despertar a consciência ecológica da população e dos governantes para a questão da água. (ONU,2014).

A água além da importância para a sobrevivência de todo ser vivo, também movimentada todas as atividades no mundo; a água é importante em todos os processos e ações que são realizados, desde a produção agrícola no campo, indústria e economia (ONU,2014).

3.3. Uso e poluição da água

Em toda a literatura, fala-se sobre os diversos usos da água, todos previstos na legislação, pode-se citar alguns principais, como: abastecimento doméstico, industrial, irrigação, dessedentação de animais, preservação de flora e fauna, recreação e lazer, criação de espécies, geração de energia elétrica, navegação, harmonia paisagística, diluição e transporte de despejos. (VON SPERLING,2005).

A política nacional de Recursos Hídricos através da lei nº: 9.433 de 1997, prioriza o uso das águas para o abastecimento doméstico e a dessedentação animal; é a irrigação; consome boa parte de água para a produção de alimentos, seguida do lançamento de esgoto nos corpos hídricos, sendo hoje este último, um dos principais problemas, de poluição dos recursos hídricos, principalmente para o abastecimento de água nas cidades.

Segundo a Organização Mundial das Nações Unidas – ONU divulgou em 2010; em um artigo intitulado A ONU e a água; estudos vêm sendo desenvolvidos, na busca da minimização do lançamento de esgoto nos corpos hídricos, mas o crescente número de população e o desenvolvimento dificultam a ação da aplicação de sistemas que venham a minimizar os impactos causados na qualidade das águas por esta fonte de contaminação.

O grande desafio da humanidade é conviver com a baixa disponibilidade de água pelo uso excessivo e poluição dos corpos hídricos. (LUCAS,2010; FOLEGATTI, 2010; DUARTE, 2010).

A poluição das águas é o assunto mais discutido hoje; o uso desse recurso das mais variadas formas e sem os devidos cuidados gerou um acúmulo de problemas ambientais. O uso das águas precisa ser revisto dentro dos parâmetros da política, educação e sociedade; para que se possa continuar a utilizar este recurso natural importante a nossa vida. (BRASIL,2014).

A crescente contaminação dos recursos hídricos, causada por diversas fontes, dentre as quais se destacam os efluentes domésticos, os efluentes industriais e a carga difusa urbana e agrícola, vem comprometendo o uso desses recursos para os seus diversos fins. (VASCO,2011; BRITTO,2011; PREREIRA,2011; MELLO JUNIOR,2011, GARCIA,2011, NOGUEIRA,2011).

A qualidade das águas está comprometida em todo o mundo e esta realidade também pertence ao nosso país e ao nosso estado; avaliações e diagnósticos ambientais já foram realizados em bacias hidrográficas e em sub bacias do nosso Estado Sergipe com a finalidade de identificar o foco e pontos de poluição e trata-los para minimização dos impactos no corpo hídrico. (SERGIPE,2011).

Temos como norteadores usados para diagnosticar e avaliar os problemas de poluição nas bacias hidrográficas no Estado de Sergipe: O enquadramento das águas, elaborado pela SRH em 2000, o relatório de diagnóstico e avaliação ambiental da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim elaborado em 2006 pela DESO em parceria com os departamentos de química e engenharia agrônômica da Universidade Federal de Sergipe-UFS, relatório de pesquisa contratado pela FAPITEC/SE /MCT/CNPq; para a avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe, elaborado pela pesquisadora prof. ^a Dr.^a Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS; utilizando os conceitos de Índices de Qualidade da água (IQA), o relatório de avaliação ambiental do Projeto águas de Sergipe elaborado em 2010 e o plano Estadual de recursos hídricos do Estado de Sergipe, elaborado em 2011.

3.4. Bacias hidrográficas

A bacia hidrográfica é usualmente definida como a área na qual ocorre a captação de água (drenagem) para um rio principal e seus afluentes devido às suas características geográficas e topográficas. É utilizada como unidade de planejamento dos recursos hídricos em uma dada região. (BRASIL,2001).

O Brasil utiliza esta divisão para identificar os seus recursos hídricos por região, assim também os estados utilizam a mesma divisão para identificar suas bacias hidrográficas. (BRASIL,2001).

No Estado de Sergipe existem 08 (oito) Bacias Hidrográficas, que são as bacias do Rio São Francisco, Rio Vaza Barris, Rio Real, Rio Japarutuba, Rio Sergipe, Rio Piauí, Grupo de bacias Costeiras 1 (GC1) e Grupo de bacias Costeiras 2 (GC2) (SERGIPE,2014).

A bacia hidrográfica do Rio Sergipe, objeto deste estudo tem o seu rio principal nascendo na lagoa das Areias, no Estado da Bahia, sendo que apenas 51km² de sua área estão localizados na Bahia. A área de drenagem da bacia do rio Sergipe, dentro do Estado de Sergipe, compreende 3.673,30 km², o que corresponde a 16,66% do território do Estado, sendo formada por diversas sub bacias que são: Socavão 371,6 km², Jacoca 218,7 km², Jacarecica 497,2 km², Poxim 381,4 km² e outras bacias menores 2.204,1 km².

O território da bacia é constituído por 26 municípios, dos quais oito possuem suas terras inseridas integralmente na área da bacia: Laranjeiras, Nossa Senhora Aparecida, Malhador, Riachuelo, Santa Rosa de Lima, Moita Bonita, São Miguel do Aleixo e Nossa Senhora do Socorro. Os demais estão parcialmente inseridos, destacando-se Aracaju, Areia Branca, Barra dos Coqueiros, Carira, Divina Pastora, Feira Nova, Frei Paulo, Graccho Cardoso, Itabaiana, Itaporanga d'Ajuda, Maruim, Nossa Senhora da Glória, Nossa Senhora das Dores, Rosário do Catete, Santo Amaro das Brotas, São Cristóvão, Siriri e Ribeirópolis. (SERGIPE,2014).

Ao longo do seu percurso, dezesseis outros rios e vários riachos vão lançando suas águas na calha principal do rio, contribuindo para sua formação e culminando no Oceano Atlântico, por meio de seu extenso estuário. (SERGIPE,2014).

Diversos são os tributários do rio Sergipe, sendo a maior concentração deles registrada pela margem direita. Os tributários da margem direita são: rio Socavão, rio das Lajes, rio Jacocá, rio Jacoca, rio Morcego, rio Dangra, rio Jacarecica, riacho Marcela, rio Cotinguiba, rio Palame, rio Poxim Mirim, rio Poxim Açú, rio Pitanga e outros de menor porte. Os tributários da margem esquerda são: rio Salgado Grande, rio Campanha e rio Granhamoroba, além de outros rios e riachos de pequeno porte. (SERGIPE,2014).

Os principais reservatórios encontrados na bacia do rio Sergipe são o açude Marcela, a Barragem Jacarecica I e a Barragem Jacarecica II. Além desses, podem ser encontrados inúmeras pequenas barragens de pequeno porte, construídas para minimizar os efeitos das secas prolongadas, especialmente no trecho inserido na região semi-árida.

As áreas de proteção ambiental existentes no âmbito da bacia do rio Sergipe são: a Reserva Ecológica de Itabaiana; a Área de Proteção Ambiental do rio Sergipe, em Aracaju; a

Área de Proteção Ambiental Morro do Urubu, em Aracaju, e o Parque Ecológico Municipal Tramanday, também em Aracaju. (SERGIPE,2014).

O uso da água na bacia do rio Sergipe está relacionado às diversas atividades: abastecimento público; abastecimento industrial; afastamento de efluentes domésticos; afastamento de efluentes industrial e agro-industrial; pesca; irrigação; atividades de turismo e lazer náutico; exploração de petróleo. (SERGIPE,2014)

A última proposta de classificação para o enquadramento dos corpos d'água da bacia hidrográfica do rio Sergipe, foi elaborada em 2001 utilizando a resolução nº: 20/1986 do CONAMA e apresentada no relatório final de enquadramento dos cursos d'água de Sergipe, decorrente do contrato nº 032/2001, firmado entre a SEPLANTEC e o Consórcio Contécnica - BRLI Gersar, para elaboração do Programa de Enquadramento dos Cursos d'Água do Estado de Sergipe. Os serviços inserem-se no Subprograma de Desenvolvimento Sustentável de Recursos Hídricos para o Semi-árido Brasileiro (PROÁGUA/Semi-Árido), financiado com recursos do Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD). (SERGIPE,2014).

Em 2010, houve a celebração de um novo contrato entre o governo do Estado e a FAPITEC/SE /MCT/CNPq; para contratar a elaboração do relatório de pesquisa para avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe, buscando a atualização do enquadramento dos corpos d'água das bacias hidrográficas do Estado, baseado na atualização da resolução nº: 357/2005 do CONAMA. A pesquisa foi realizada nas seis bacias hidrográficas do estado, todo material coletado foi analisado e emitido um relatório baseado no IQA – Índice de Qualidade de água. (MARQUES,2011).

Atualmente os rios da bacia hidrográfica do rio Sergipe obedecem o enquadramento de corpos d'água apresentado em 2001, onde os trechos utilizados para captação de água para abastecimento seguem a classificação da época que foi baseada na resolução nº:20/1986 do CONAMA, que foi revogada com a resolução nº 357/2005; onde a bacia do rio Sergipe possui 3 pontos de captação de água superficial para abastecimento público: o do Sistema Poxim, o do Sistema Pitanga e o do Sistema que abastece a cidade de Riachuelo, no rio Jacarecica, onde estes estão enquadrados como rios de classe 1 e 2 pelo enquadramento de corpos d'água realizado no estado em 2001, mas que a época o estudo já fazia indicação de mudança de classe de acordo com a situação atual identificada nas análises realizadas para a elaboração deste documento. (SERGIPE,2001).

3.5. Variáveis de qualidade da água

A água possui características físicas, químicas e microbiológicas que são relacionadas aos seus diversos componentes e estas podem ser tratadas em parâmetros de qualidade da água.

A literatura referente à qualidade da água enfoca principalmente os padrões de potabilidade, de corpos d'água e de lançamento. (VON SPERLING, 2005).

De acordo com a resolução nº: 357/2005 do CONAMA águas de classe 1 e 2 para abastecimento humano devem ter seus parâmetros conforme os que estão dispostos no Art. 14 e 15 desta resolução onde, nestes são estabelecidas as condições e os padrões de qualidade de água.

3.5.1. pH

O pH de um corpo hídrico é atribuído às características do solo, à presença de ácidos húmicos e/ou atividade fotossintética intensa. A variação do pH nas águas superficiais ocorre principalmente em consequência do lançamento de esgotos domésticos e industriais que alteram o equilíbrio químico e biológico do ambiente. (LIBÂNIO, 2005).

Desta forma, o pH se caracteriza como um parâmetro padrão para avaliação da qualidade dos corpos receptores, conforme Resolução nº: 357/2005 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que no caso em estudo corresponde a uma faixa permitida de 6,0 a 9,0. Além de padrão de emissão de efluentes líquidos domésticos e industriais, com valores estabelecidos entre 5,0 e 9,0, para os rios de classe 1 e 2.

3.5.2 Série nitrogenada

O Nitrogênio, gás mais abundante na atmosfera terrestre (78%) pode ser encontrado nos corpos d'água em função do seu estado de oxidação (que varia de -3 a +5) sob as formas: nitrogênio orgânico na forma dissolvida, nitrogênio molecular, nitrogênio amoniacal, nitrito e nitrato. (LIBÂNIO, 2010).

Juntamente com o fósforo é nutriente essencial ao crescimento de algas, cianobactérias e plantas aquáticas e quem facilmente o absorvem, nas formas de amônio e nitrato. Além da origem natural, a presença do nitrogênio nas águas denota também de ações antrópicas, como lançamento de esgotos domésticos, industriais e fertilizantes lixiviados pela chuva. (LIBÂNIO,2010).

O ciclo do nitrogênio é simples, acontece por meio de bactérias nos processos de nitrificação realiza sucessiva oxidação do gás amônia a nitrito e depois a nitrato, e a desnitrificação reduz o nitrato a nitrogênio gasosos por meio de bactérias em condições anóxica. Desta maneira as formas do nitrogênio traduzem a poluição do corpo d'água. (LIBÂNIO,2010).

A resolução nº:357/2005 do CONAMA, traz como limite máximo para o nitrogênio total para água doce classe 1 e 2 os seguintes valores, **3,7mg/L⁻¹ N**, para $\text{pH} \leq 7,5$; **2,0 mg/L⁻¹ N**, para $7,5 < \text{pH} \leq 8,0$; **1,0 mg/L⁻¹ N**, para $8,0 < \text{pH} \leq 8,5$ e **0,5 mg/L⁻¹ N**, para $\text{pH} > 8,5$; para o Nitrato 10,0 mg/L⁻¹ N e para o Nitrito 1,0 mg/L⁻¹ N.

3.5.3. Fósforo total

A presença de fósforo em corpos hídricos está relacionada a processos naturais como a dissolução de rochas, carreamento do solo e decomposição de matéria orgânica; ou antropogênicos, como o lançamento de esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e pesticidas, que também podem ser lançados por carreamento do solo. (SOUZA,2010).

Os esgotos sanitários no Brasil apresentam, tipicamente, concentração de fósforo total na faixa de 6 a 10 mg P/L, não exercendo efeito limitante sobre os tratamentos biológicos. Alguns efluentes industriais, porém, não possuem fósforo em suas composições, ou apresentam concentrações muito baixas. Neste caso, devem ser adicionados artificialmente compostos contendo fósforo como o mono amônio fosfato (MAP) que, por ser usado em larga escala como fertilizante, apresenta custo relativamente baixo. Ainda por ser nutriente para processos biológicos, o excesso de fósforo em esgotos sanitários e efluentes industriais conduz a processos de eutrofização das águas naturais. (SÃO PAULO,2009).

A resolução nº:357/2005 do Conama, apresenta como limite máximo para o fósforo total para água doce classe 1 e 2 os seguintes valores: fósforo total (ambiente lântico) 0,020 mg/L P e Fosforo total (ambiente lótico) 0,05 mg/L P.

Na apresentação dos resultados e discussão iremos observar que a maioria dos pontos analisados neste trabalho estão acima dos valores citados acima pela resolução.

3.5.4. Oxigênio dissolvido

O oxigênio dissolvido é reconhecido como o parâmetro mais importante para expressar a qualidade da água. A escolha do manancial para abastecimento com menos impactos ambientais, já determina que o oxigênio dissolvido (OD) é considerado como parâmetro relevante, nas operações em estações de tratamento de água. (LIBÂNIO, 2005).

A concentração de oxigênio dissolvido (OD) nas águas está relacionada com fatores como temperatura, pressão atmosférica, salinidade e velocidade de correnteza da água. A concentração do gás no corpo hídrico varia de forma direta com a pressão atmosférica. No caso da temperatura, quanto menor for seu valor maior a solubilidade dos gases na água. Da mesma maneira em relação à salinidade, que sob as mesmas condições de temperatura, pressão atmosférica e correnteza, quanto maior a salinidade menor a concentração de gases na água, a exemplo da água do mar que tem menor teor de oxigênio dissolvido que uma água doce. (LIBÂNIO, 2005).

A redução de OD em corpos hídricos se deve também as ações antropogênicas no lançamento de efluentes e as suas concentrações podem variar naturalmente. A redução de OD pode ocorrer por razões naturais, pela respiração ou degradação da matéria orgânica pelos organismos presentes no ambiente aquático e por perdas para a atmosfera e oxidação de íons. As variações de OD estão associadas a processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem nos corpos hídricos. (LIBÂNIO, 2005).

Para manter a vida aquática é necessário, que o valor de OD esteja entre 2 a 5 mg/L de acordo com o grau de exigência do organismo. Na ausência de OD encontramos os compostos químicos em sua forma não reduzida, ou seja, não oxidados e solúveis em meio líquido, liberando substâncias para os organismos que vivem nestas condições sobreviverem e a proporção que se eleva o nível de OD estes compostos se precipitam e ficam armazenados no fundo dos corpos hídricos. (LIBÂNIO, 2005).

3.5.5. Demanda bioquímica de oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio (DBO) é a quantidade de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica por micro-organismos aeróbicos para uma forma inorgânica estável em um determinado intervalo de tempo, a uma dada temperatura. Portanto, a determinação da DBO se dá pela diferença entre as medidas do OD inicial e do OD final. Geralmente é representada como DBO^{5,20}, que é referente a cinco dias de incubação e a temperatura de 20 °C. Esta temperatura foi estabelecida por estar numa faixa ótima para atividade dos micro-organismos. O período de incubação supracitado foi estabelecido considerando que 80 % do valor da DBO são alcançados. (SOUZA,2010).

A DBO de cinco dias é padrão de emissão de esgotos diretamente nos corpos d'água, sendo exigidos uma DBO máxima de 60 mg/L ou uma eficiência global mínima do processo de tratamento igual a 80%. A carga de DBO expressa em kg/dia, é um parâmetro fundamental no projeto das estações de tratamento biológico de esgotos. Dela resultam as principais características do sistema de tratamento, como áreas e volumes de tanques, potências de aeradores etc. (SÃO PAULO,2009).

A resolução nº: 357/2005 do CONAMA, apresenta como valores máximos para esta variável nas águas doces classe 1 e 2 os valores de DBO 5 dias a 20°C até 3 mg/L O₂ e 5 mg/L O₂.

3.5.6. Demanda química de oxigênio

A demanda química de oxigênio é a quantidade equivalente de oxigênio necessária para oxidar a matéria orgânica, através de um agente químico oxidante, que geralmente tem um poder de oxidação maior que os resultantes da ação de micro-organismos. Desta forma, os valores da DQO são normalmente maiores que os da DBO, devido à fração não biodegradável de um efluente, que geralmente é de origem industrial. (SOUZA,2010).

A DQO é um parâmetro indispensável nos estudos de caracterização de esgotos sanitários e de efluentes industriais, tem demonstrado ser um parâmetro bastante eficiente no controle de sistemas de tratamentos anaeróbios de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Após o impulso que estes sistemas tiveram em seus desenvolvimentos a partir da década de 70, quando novos modelos de reatores foram criados e muitos estudos foram conduzidos,

observa-se o uso prioritário da DQO para o controle das cargas aplicadas e das eficiências obtidas. (SÃO PAULO,2009).

No entanto, deve-se observar que a relação DQO/DBO_{5,20} é diferente para os diversos efluentes e que, para um mesmo efluente, a relação altera-se mediante tratamento, especialmente o biológico. (SÃO PAULO,2009).

3.5.7. Carbono orgânico total

O carbono orgânico total (COT) é um dos parâmetros indicadores do teor de matéria orgânica nas águas naturais, dividindo-se em carbono orgânico dissolvido (COD), que compõe a fração filtrada; e em carbono orgânico particulado (COP), referente ao material retido na membrana de filtração, que é diretamente relacionado com a turbidez. A proporção entre estas parcelas está relacionada com as condições em que a água se encontra. No caso dos mananciais subterrâneos, a fração particulada é ínfima, enquanto nos mananciais superficiais esta fração é considerável, devido ao lançamento de efluentes, carreamento de diversos materiais, e as algas em grandes quantidades em ambientes eutrofizados que também contribuem com este tipo de material. (LIBÂNIO, 2005).

A determinação de COT considera as parcelas biodegradáveis e não biodegradáveis da matéria orgânica, não sofrendo interferência de outros átomos que estejam ligados à estrutura orgânica, quantificando apenas o carbono presente na amostra. O carbono orgânico em água doce origina-se da matéria viva e também como componente de vários efluentes e resíduos. Sua importância ambiental deve-se ao fato de servir como fonte de energia para bactérias e algas, além de complexar metais. A parcela formada pelos excretos de algas cianofíceas pode, em concentrações elevadas, tornar-se tóxica, além de causar problemas estéticos. O carbono orgânico total na água também é um indicador útil do grau de poluição do corpo hídrico. (CETESB,2009).

A resolução nº: 357/2005 CONAMA estabelece valores máximo para o COT, somente em águas salinas de classe 1 destinadas a recreação de contato primário, conforme resolução nº 274/ 2000 do CONAMA; e em águas salobras águas de classe 1, destinadas ao abastecimento para consumo humano após tratamento convencional ou avançado, onde os valores máximos que podem ser encontrados são: 3 mg/L⁻¹ de C e 5 mg/L⁻¹ de C.

3.5.8. Sólidos totais

Os sólidos nas águas correspondem a toda matéria que permanece como resíduo, após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um determinado tempo. De um modo geral, as operações de secagem, calcinação e filtração são o que definem as diversas frações de sólidos presentes na água, tais como sólidos totais, sedimentáveis, em suspensão, dissolvidos, fixos e voláteis. (SOUZA,2010).

3.5.9 Turbidez

A turbidez na água é tida como a atenuação da intensidade da luz ao atravessá-la, causada pela absorção e principalmente pelo espalhamento da irradiação pelas partículas com tamanhos maiores que o comprimento de onda emitido, devido à presença de materiais sólidos em suspensão, como areia, argila, detritos orgânicos, algas, bactérias e plânctons em geral. Estes materiais apresentam diversos tamanhos, variando desde as partículas maiores que se depositam com tamanhos superiores a um micrometro, até as que permanecem em suspensão por muito tempo, como é o caso das partículas coloidais. (SOUZA,2010; SÃO PAULO, 2008).

A resolução nº: 357/2005 CONAMA estabelece como valor máximo para este parâmetro em águas doces classe 1 e 2, 40 UNT a 100 UNT.

3.5.10. Sulfato

Os compostos à base de enxofre são bastante utilizados, tanto na sua forma primária, como o mineral pirita, assim como produtos industrializados como o ácido sulfúrico. Essas substâncias sulfuradas são utilizadas em indústrias, tais como de papel celulose, têxteis, borracha, explosivo, cosméticos dentre outras. O enxofre contido nos efluentes dessas indústrias, assim como nos esgotos domésticos, se encontra principalmente na forma de sulfato, que contribui para a degradação dos corpos hídricos. Naturalmente, o sulfato pode ser encontrado na forma de minerais, como anidrita (CaSO_4), que são lixiviados chegando até aos

corpos hídricos, e também por infiltração de água do mar. (SOUZA,2010; SARTI, 2008; SILVA, 2008; CÔRTEZ, 2008; FORESTI, 2008, SÃO PAULO, 2008).

3.5.11. Ferro

O ferro em águas naturais é originado naturalmente a partir da dissolução de minerais como a hematita, magnetita, toconita e pirita em rochas e no solo. Em períodos chuvosos, observa-se um aumento da concentração de ferro em águas superficiais devido ao carreamento e lixiviação do solo. Como fontes antrópicas, tem-se águas residuárias de minas, resíduos de estações de tratamento de água que utilizam coagulantes à base de ferro e indústrias como automobilísticas, de fertilizantes, de produtos químicos, siderúrgicas, refinarias de petróleo e usinas termoeletricas. (SOUZA,2010).

3.5.12. Manganês

O teor de manganês em águas naturais é relativamente pequeno, mas com a contribuição antrópica, a concentração aumenta devido ao lançamento de efluentes de indústrias de aço e de fabricação de ligas metálicas; e indústrias químicas de tintas, vernizes, fogos de artifício, fertilizantes entre outras. (SOUZA,2010; APHA,2005; MILLER, 2007).

3.5.13. Bário

O mineral mais importante que contém bário é a barita (BaSO_4). O bário pode ocorrer em águas naturais devido à dissolução de minerais como o carbonato de bário, tendo normalmente concentrações muito baixas, de 0,7 a 900 $\mu\text{g/L}^{-1}$. Decorre principalmente das atividades industriais e da extração da bauxita. Os sais de bário são utilizados industrialmente na fabricação de fogos de artifício, pigmentos de tintas, vidros, inseticidas, contraste para exames radiológicos, dentre outros. (SOUZA,2010).

3.5.14. Níquel

É originado naturalmente pela dissolução de minerais que compõe determinadas rochas. A maior contribuição para o meio ambiente, pela atividade humana, é a queima de combustíveis fósseis. Outras fontes de contaminação estão relacionadas a processos de mineração e fundição do metal, fusão e modelagem de ligas, indústrias de eletrodeposição e, como fontes secundárias, tem-se a fabricação de alimentos, artigos de panificadoras, refrigerantes e sorvetes aromatizados. (SOUZA,2010).

3.5.15. Zinco

É um elemento traço importante para humanos, animais, plantas e micro-organismos. É largamente utilizado na indústria e lançado em corpos hídricos através de processos naturais e antropogênicos, entre os quais se destacam a produção de zinco primário, combustão de madeira, incineração de resíduos, produção de ferro e aço e efluentes domésticos. (SOUZA,2010).

3.5.16. Coliformes termotolerantes

As bactérias do grupo coliforme são consideradas os principais indicadores de contaminação fecal e estão presentes nas fezes de animais de sangue quente e no solo (SOUZA,2010). Os coliformes termotolerantes são capazes de fermentar a lactose a 44,5 °C por um período de 24 horas. Os coliformes fecais referem-se aos termotolerantes incluindo os gêneros que não são necessariamente de origem fecal, por isso o parâmetro coliforme fecal é cada vez menos utilizado. Já o termo coliforme total está associado a um grupo mais amplo de bactérias também capazes de fermentar a lactose, mas à temperatura de 35 a 37 °C num período de 24 a 48 horas. (LIBÂNIO, 2005).

4 . ASPECTOS LEGAIS

4.1. Legislação Federal e Estadual

A legislação ambiental nacional é rica em instrumentos que tutelam o aspecto qualitativo dos recursos hídricos. O Código das Águas, estabelecido pelo Decreto nº: 24.643/3, priorizava a gestão quantitativa dos recursos hídricos, principalmente para a geração de energia hidroelétrica. (BRASIL,1934).

O Código de Águas, instituído pelo Decreto nº: 24.643 de 10 de junho de 1934, ainda que modificado por novas leis e decretos-lei e complementado por legislação correlata sobre meio ambiente, irrigação e obras contra a seca, consubstanciou a legislação brasileira de águas até a promulgação da Lei nº: 9.433 de 08 de janeiro de 1997, esta lei não revoga o Decreto nº: 24.643 de 10 de junho de 1934, mas altera alguns de seus princípios fundamentais. Foi considerado, por técnicos e políticos, avançado para a época em que foi elaborado; o Decreto 24.643/34 procurou atender às demandas de um País que se urbanizava e era palco de importantes transformações econômicas, sociais e políticas. Um País servido por abundância relativa de água e grande potencial hidro-energético no qual se fortalecia o ideário do desenvolvimento, identificado à industrialização. (SILVESTRE, 2008).

O Código Florestal, regido pela Lei N° 4.771/65 e revogado pela nova lei nº: 12.651/2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; manteve a preservação das florestas e demais formas de vegetação situadas ao longo dos rios, protegendo também, indiretamente, a vazão e a qualidade das águas. No caso das águas de domínio estadual, compete aos órgãos públicos estaduais aplicar a legislação federal sobre a matéria. (BRASIL,2014).

A aprovação da Lei nº: 9.433 de 08 de janeiro de 1997 que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos marcou o advento de mudanças administrativas e de gerenciamento dos recursos hídricos. Essa lei definiu a criação de um Sistema Nacional de Informações de Recursos Hídricos unindo os órgãos federais e estaduais. A Política se baseia no gerenciamento integrado da qualidade e quantidade dos recursos hídricos e estabelece fundamentos e instrumentos para o gerenciamento das águas, demandando informações relativas à qualidade das mesmas. (BRASIL,2014).

Conforme a Lei nº: 9.984/00 foi criada a Agência Nacional das Águas – ANA, vinculada ao Ministério de Meio Ambiente, surgindo como órgão federal de implementação

da Política Nacional e coordenação do Sistema Nacional de Recursos Hídricos.

Em 2000, foi divulgada a Resolução nº: 012 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – (CNRH), que estabelece procedimentos para o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo seus usos preponderantes. (BRASIL,2014).

Em 2005, a Resolução nº 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) revogando a Resolução nº 020/86 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), classificando os corpos de água e dispondo sobre diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Esta norma também estabelece condições e padrões de lançamento de efluentes. Assim, esta resolução visa assegurar às águas qualidade compatível aos usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas e permanentes. (BRASIL,2014).

Em 2006, foi lançado o Plano Nacional de Recursos Hídricos, instrumento de gestão que estabelece programas até o ano de 2020, contemplando ações de melhoria da qualidade das águas nacionais. (BRASIL,2014).

Na esfera estadual, em Sergipe foi criada a Lei Estadual Nº 3.870 de 25 setembro 1997, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, criando o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (SERGIPE,2000).

A Superintendência de Recursos Hídricos -SRH, vinculada inicialmente a Secretaria de planejamento do Estado e atualmente a Secretaria de meio ambiente, que passou a chamar-se Secretaria de meio ambiente e recursos hídricos. É a responsável em nosso estado pela supervisão da gestão dos recursos hídricos, contando com o suporte técnico e de laboratórios da Administração estadual do meio ambiente – ADEMA. (SERGIPE,2014).

4.2. Resolução nº: 357/05 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

A Resolução nº:357 do CONANA, de 17 de março de 2005, pertencente a Lei nº: 6.938 de 31 de agosto de 198,1 referente à Política Nacional do Meio Ambiente dispõe sobre a classificação dos corpos de águas superficiais e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes.

A resolução observou a necessidade de se criar instrumentos para avaliar a evolução da qualidade das águas considerando diversos fatores, como os padrões de balneabilidade; a

preocupação com a água no contexto do desenvolvimento sustentável, baseado nos princípios da função ecológica da propriedade, do poluidor pagador, o enquadramento dos corpos de água deve estar baseado nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender as necessidades da população, quanto a saúde e o bem estar humano, bem como a conservação da qualidade da água propriamente dita e o equilíbrio ecológico aquático. (BRASIL,2005).

O capítulo II no art.3º da resolução trata sobre a classificação dos corpos de água e diz que “As águas doces, salobras e salinas do Território Nacional são classificadas, segundo a qualidade requerida para os seus usos preponderantes, em treze classes de qualidade”. As águas doces são classificadas em classe especial, classe 1, classe 2, classe 3 e classe 4. Já as águas salinas e salobras têm a mesma classificação, excetuando a classe 4.

O parágrafo único do capítulo diz que “ As águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em uso menos exigente, desde que este não prejudique a qualidade da água, atendidos outros requisitos pertinentes”.

Segundo a Resolução, os corpos hídricos são classificados de acordo com a salinidade, como: águas doces: águas com salinidade igual ou inferior a 0,5 ‰; águas salobras: águas com salinidade superior a 0,5 ‰ e inferior a 30 ‰ águas salinas: águas com salinidade igual ou superior a 30 ‰.

Em nosso estado a Superintendência de Recursos Hídricos – SRH, elaborou em 2003 o enquadramento dos corpos d’água do estado, principalmente dos afluentes que são utilizados para abastecimento da população. (SERGIPE,2001).

Neste trabalho foram realizadas coletas em 36 pontos definidos para caracterizar a qualidade da água da bacia do rio Sergipe, estes pontos estão ligados intrinsecamente aos diferentes aspectos do ambiente natural como vegetação, solo, geologia, distribuição espacial da população, das condições de saúde ambiental e dos usos e ocupação do solo nos diversos trechos da bacia. As águas da bacia hidrográfica do rio Sergipe, teve suas águas classificadas nas classes 2 a 7. (SERGIPE,2001).

Com a revogação da Resolução nº: 20/86 do CONAMA, para a Resolução nº: 357/2005 do CONAMA, surgiu a necessidade de reavaliar o índice de qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe, para atualização da situação real de seus afluentes e classificação de acordo com a nova resolução; para esta avaliação o governo do estado através da Fundação de Apoio à Pesquisa e Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe- FAPITEC, contratou através do edital FAPITEC/SE /MCT/CNPq Nº 07/2007, o trabalho de pesquisa para Avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos

rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe.

Como resultado deste trabalho, coordenado pela pesquisadora prof.^a Dr.^a Maria Nogueira Marques, tem-se como produto o relatório apresentando o diagnóstico ambiental, através de programas de monitoramento em ambiente aquáticos naturais dos principais recursos hídricos superficiais do Estado de Sergipe.

Para apresentação deste relatório a pesquisadora utilizou, os seguintes parâmetros dos índices de qualidade de água - IQA temperatura, pH, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio, coliformes termotolerantes, nitrogênio total, fósforo total, resíduos totais e turbidez; para avaliar as amostras, onde mais de 60% das dessas foram classificadas como ótimas e boas e somente 16% foram classificadas como ruim e péssima. Quanto ao estado trófico 46% das amostras apresentaram baixa concentração de nutrientes e produtividade de algas. Embora os corpos hídricos já apresentem indícios que estão sendo afetados pelas atividades antropogênicas.

Em Sergipe, temos apenas a Lei Estadual nº: 3.870/1997, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Fundo Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos; esta lei foi criada com base na Lei Federal nº: 9.433 de 08 de janeiro de 1997, que criou a política Nacional de Recursos Hídricos, esta lei estadual dá apenas diretrizes para a estruturação para a política estadual de Recursos Hídricos.

4.3. Resolução nº: 430/11 Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA)

A resolução nº: 430/2011 do CONAMA complementa e altera a resolução nº: 357/2005 e dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes. (BRASIL, 2014).

Esta Resolução considera que, o lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência de legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário.

O capítulo II desta, estabelece as condições e os padrões de lançamento de efluentes, que devem ser observados, quando na análise da qualidade das águas em bacias hidrográficas.

Como esta nova resolução trata especificamente de uma atualização dos padrões de lançamento de efluentes, identificou-se um trabalho já desenvolvido baseado nesta nova

resolução, no estado de Pernambuco com o Diagnóstico dos impactos ambientais provocado pelo desenvolvimento urbano sobre as margens do rio São Francisco, um estudo de caso da cidade de Santa Maria Da Boa Vista/PE – escrito por Juliana Maria Medrado Melo, Iug Lopes, Isane Carine Guirrae Miriam Cleide Cavalcante Amorim (2013).

5. ANÁLISE MULTIVARIADA DE DADOS

A área da quimiometria é interdisciplinar na química, utiliza métodos estatísticos, matemáticos e computacionais, possibilitando extrair informações relevantes e aproximadas entre as amostras analisadas. A análise exploratória de dados utilizando técnicas de análise de componentes principais (PCA) e análise de agrupamento hierárquico (HCA) que permitem a visualização gráfica de todo o conjunto de dados, mesmo quando o número de amostras e variáveis é elevado. (SOUZA,2010).

A PCA e a HCA, permitem a visualização gráfica de todo o conjunto de dados, mesmo quando o número de amostras e variáveis é elevado. (CORREIA, FERREIRA, 2007).

5.1. Análise de componentes principais (PCA)

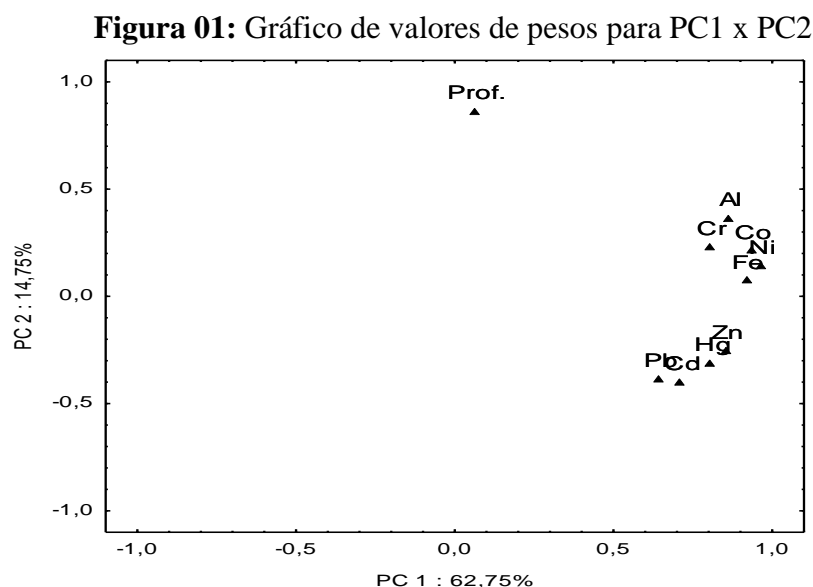
A análise de componentes principais consiste essencialmente em re-escrever as coordenadas das amostras em outro sistema de eixo mais conveniente para a análise dos dados. Em outras palavras, as n-variáveis originais geram, através de suas combinações lineares, n-componentes principais, cuja principal característica, além da ortogonalidade, é que são obtidos em ordem decrescente de máxima variância, ou seja, a componente principal 1 detém mais informação estatística que a componente principal 2, que por sua vez tem mais informação estatística que a componente principal 3 e assim por diante. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

A técnica utilizada desde a década de 70 para elaborar índices de qualidade ambiental. Estatisticamente pode-se definir “componentes principais” como combinações lineares de variáveis aleatórias com propriedades especiais em termos de variância. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997;). Esta técnica (originariamente concebida em 1901 por Karl Pearson e consolidada em 1936 por Hottelling) tem por objetivo identificar um novo conjunto de

variáveis [Y1, Y2, ..., Y3] como combinações lineares das variáveis originais [X1, X2, ..., Xn] tal que os primeiros termos (digamos Y1 e Y2 e no máximo Y3) expliquem grande parte da variação dos dados, e tal que [Y1, Y2, ..., Y3] tenham interpretação prática. (BOLLMANN E MARQUES,2000).

O que se busca nesse procedimento é a obtenção de novas coordenadas que tenham variância máxima e que não sejam correlacionadas entre si. A solução deste problema, em geral, possibilita: compreender melhor a aproximação dos dados (análise de agrupamento); compreender melhor as correlações entre as variáveis visando a sua seleção; reduzir a dimensão dos dados através de eixos explicativos e representação gráfica. (BOLLMANN E MARQUES,2000).

Este método permite a redução da dimensionalidade dos pontos representativos das amostras pois, embora a informação estatística presente nas n-variáveis originais seja a mesma dos n-componentes principais, é comum obter em apenas 2 ou 3 das primeiras componentes principais mais que 90% desta informação. O gráfico de escores da componente principal 1 *versus* a componente principal 2 fornece uma janela privilegiada (estatisticamente) para observação dos pontos no espaço n-dimensional. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997). Conforme Figura 01.



Fonte: MOITA NETO E CIARAMELLA,1997.

A análise de componentes principais também pode ser usada para julgar a importância das próprias variáveis originais escolhidas, ou seja, as variáveis originais com maior peso (*loadings*) na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais

importantes do ponto de vista estatístico. Portanto, a tarefa do químico que trabalha com estatística multivariada, consiste em interpretar a distribuição dos pontos no gráfico de componentes principais e identificar as variáveis originais com maior peso na combinação linear das componentes principais mais importantes. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

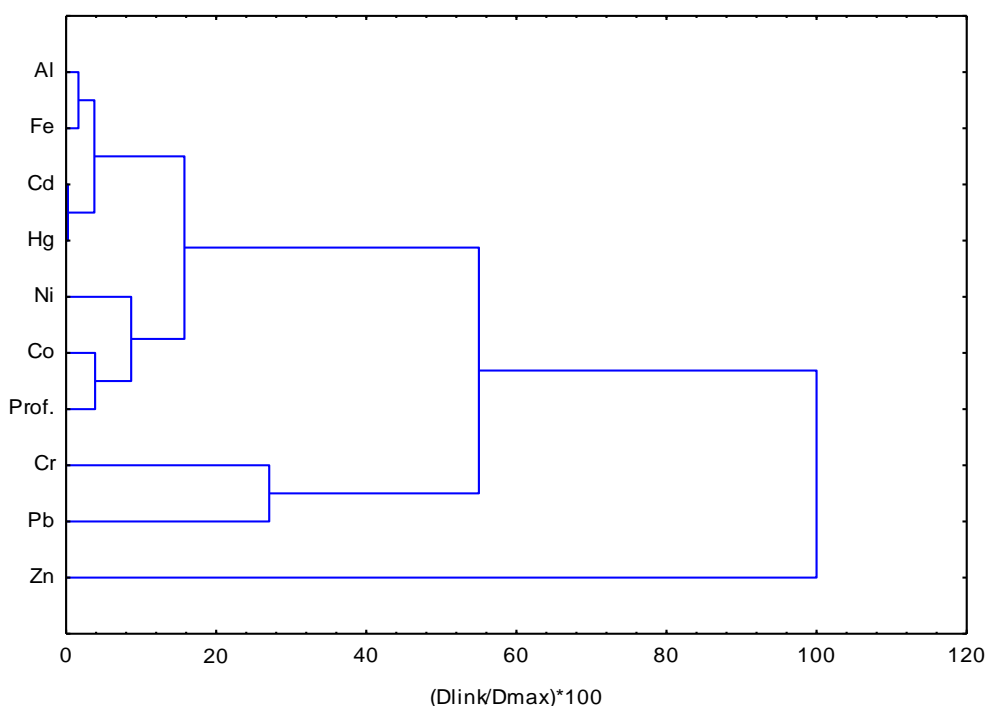
Existem pacotes computacionais de estatística que fazem todas as operações necessárias à obtenção de componentes principais e agrupamento hierárquico, inclusive o tratamento prévio de padronização e escalonamento dos dados, como é o caso do SPSS, SYSTAT, PIROUETTE, etc. No programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), a opção de componentes principais aparece no menu através de uma de suas finalidades: a redução de dados. As componentes principais também podem ser obtidas como um dos métodos da análise de fatores (*Factor Analysis*). O procedimento matemático para obtenção de componentes principais pode ser facilmente seguido por aqueles que têm conhecimento de álgebra matricial e é encontrado em diversos textos. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

OSMAN, SAIM, JUAHIR E ABDULLAH (2012), afirmam que PCA é um estudo exploratório, multivariado, e uma técnica estatística que pode ser utilizado para examinar a variabilidade dos dados. É uma técnica útil empregada para encontrar as melhores formas de combinar variáveis em um pequeno número de subconjuntos. A PCA tenta explicar a variação de um grande conjunto de intercorrelações variáveis, transformando-os em um conjunto menor de variáveis independentes e reduzir a complexidade de dados em componentes principais. (SINGH, MALIK, MOHAN, SINHA, 2004) (LIM, 2012).

5.2. Análise de agrupamento hierárquica (HCA)

A técnica de análise de agrupamento hierárquico (HCA) interliga as amostras por suas associações, produzindo um dendrograma onde as amostras semelhantes, *segundo as variáveis escolhidas*, são agrupadas entre si. A suposição básica de sua interpretação é esta: quanto menor a distância entre os pontos, maior a semelhança entre as amostras. Os dendrogramas são especialmente úteis na visualização de semelhanças entre amostras ou objetos representados por pontos em espaço com dimensão maior do que três, onde a representação de gráficos convencionais não é possível. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997). Conforme Figura 02.

Figura 02: Dendrograma



Fonte: MOITA NETO E CIARAMELLA,1997.

Existem muitas maneiras de procurar agrupamentos no espaço n-dimensional. A maneira matematicamente mais simples consiste em agrupar os pares de pontos que estão mais próximos, usando a distância euclidiana, e substituí-los por um novo ponto localizado na metade da distância entre eles. Este procedimento, quando repetido até que todos os pontos sejam agrupados em um só ponto, leva a construção do dendrograma, onde, no eixo horizontal

são colocadas as amostras e, no eixo vertical, o índice de similaridade. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

Os dendrogramas, portanto, consistem em diagramas que representam a similaridade entre pares de amostras (ou grupos de amostras) numa escala que vai de um (identidade) a zero (nenhuma similaridade) e são construídos diretamente por todos os programas estatísticos que fazem classificação dos dados através de agrupamento hierárquico. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

As facilidades computacionais de obtenção de dendrogramas e de gráficos de componentes principais possibilitam uma utilização mais corriqueira destes métodos no ensino e pesquisa em Química, contudo algumas observações finais são pertinentes: a identificação de agrupamento pode ser feita por diversos algoritmos que podem produzir resultados diferentes entre si; as variáveis escolhidas para a identificação dos grupos tem grande importância na interpretação do resultado final; os gráficos da componente principal 1 *versus* componente principal 2 mostra a melhor janela para a observação dos dados, porém a componente principal 3 pode trazer informações estatística relevantes para entendimento do sistema em estudo. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

O conhecimento do sistema é importante na análise de dados multivariada, esse é o objetivo principal dos estudos de reconhecimento de padrões, que buscam encontrar uma maneira de relacionar a identidade de uma amostra com suas características químicas. (MOITA NETO E CIARAMELLA,1997).

Os resultados obtidos com a análise de HCA, são informações refletidas em um enredo chamado dendrograma bidimensional, que pode ser usado para fornecer informação sobre o comportamento químico e verificar os resultados obtidos por meio da PCA. (WANG, WANG, XU; AN E WANG, 2010).

Na literatura tem-se alguns trabalhos que utilizam as técnicas de PCA e HCA, para análise de qualidade da água, onde aqui destaca-se alguns como, a dissertação de mestrado: Avaliação da bacia hidrográfica do rio Paraguaçu utilizando análise multivariada, de Giancarlo da Silva Souza, 2010, utiliza técnicas multivariadas para reduzir os pontos de amostragem na área de trabalho; a Avaliação da qualidade das águas superficiais no norte da Grécia,(SIMEONOV, STRATIS, SAMARA, ZACHARIADIS, VOUTSA, ANTHEMIDIS, SOFONIOU E KOUIMTZIS, 2003); apresentaram a aplicação das técnicas multivariadas para interpretação de um conjunto de dados grandes e matriz complexa obtida, durante um programa de monitoramento das águas superficiais do norte da Grécia; a Aplicação da

abordagem quimiométrica para avaliar a variação espacial da química da água e a identificação das fontes de poluição no rio Langat, Malásia (LIM, ARIS, PRAVEENA, 2012). O estudo apresentou a aplicação de selecionadas técnicas HCA e PCA - para avaliar a variação espacial da química da água e para classificar as fontes de poluição no rio Langat e a Análise e avaliação da fonte de metais pesados da água do rio Changjiang, China (WANG, WANG, XU, AN, WANG, 2011). O estudo utilizou técnicas de PCA e HCA, para analisar e avaliar diferentes traços de metais em água de superfície do Rio Changjiang, as concentrações metais dissolvido (Cu, Ni, Fe, Co, SC, Al, Zn, Pb, Cd, Se, como, Cr e Hg), os principais elementos (Ca e Mg), e de nutrientes (NO₃). Foram realizadas coletas de amostras ao longo do rio Changjiang nos períodos seco e chuvoso entre 2007 a 2008, onde identificou-se duas principais zonas de influência: a erosão mineral e a ação antropogênica.

6. MATERIAIS E MÉTODO

6.1 . Caracterização da área de estudo

A Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe, uma das oito (08) do Estado de Sergipe, abrange vinte e seis (26) municípios, sendo oito (08) totalmente inseridos e dezoito (18) parcialmente inseridos, dentre eles a capital Aracaju, localizados em regiões diferenciadas: semi-árido, agreste e zona costeira. (SERGIPE, 2014).

6.1.1. Aspectos físicos

A bacia hidrográfica do rio Sergipe drena (ou seja, recebe em sua na área que forma seu conjunto de terras a **drenagem** da água das precipitações para rios menores que desagüam em rios maiores (afluentes) e chega até o curso do rio principal da água) aproximadamente, 16,7% do Estado, correspondendo a 3.673 km², limitando-se ao norte com as bacias do São Francisco e Japaratuba e, ao sul, com a bacia do Vaza Barris. O rio Sergipe percorre aproximadamente 210 km, desde suas nascentes, em Nossa Senhora da Glória, mais precisamente na Serra Negra, divisa entre os Estados de Sergipe e Bahia, até desaguar no

oceano Atlântico, em Aracaju. Os principais reservatórios encontrados na bacia do rio Sergipe são o açude Macela, a Barragem Jacarecica I ambos em Itabaiana e a Barragem Jacarecica II em Areia Branca e Malhador. Além desses, podem ser encontradas inúmeras pequenas barragens de pequeno porte, construídas para minimizar os efeitos das secas prolongadas, especialmente no trecho inserido na região semi-árida. (ALVES E GARCIA,2006).

6.1.2. Aspectos socioeconômicos

Dos 1.784.475 habitantes do estado de Sergipe, 1.010.523 habitam a área de influência da bacia, o que corresponde a 56,6% da população estadual. Aracaju, capital com 461.561 habitantes, representa 45,67% da população residente na bacia (IBGE, 2014). Esse intenso processo de urbanização é influenciado pela presença, na bacia, da capital do Estado – Aracaju – pela alta concentração de indústrias, comércio e serviços no entorno da região de Aracaju, nela compreendidos os municípios de Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão. Assim, o processo de metropolização de Aracaju é consequência das políticas públicas implementadas no Estado e na capital, especialmente a partir dos anos 70, com a exploração das reservas minerais, a implantação do Distrito Industrial de Aracaju e a construção de grandes conjuntos habitacionais nessa região. O ritmo de crescimento populacional nessa bacia persiste, sendo superior à registrada para o conjunto do Estado. No período de 1991 a 2000, (O último levantamento do IBGE para esta taxa foi realmente deste período: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/tendencia_demografica/tabela01.shtm) a taxa de crescimento anual da população residente na bacia foi de 2,36%, ao passo que no Estado ela se situou em 2,01%. O incremento populacional aí está fortemente condicionado pelas elevadas taxas apresentadas pelo município de Aracaju. (ALVES E GARCIA,2006).

A bacia do Rio Sergipe destaca-se como a que apresenta melhor cobertura, tanto com relação ao abastecimento d'água, quanto ao saneamento. Porém, deve-se ressaltar que isso se deve à presença da cidade de Aracaju, que concentra grande parte dos domicílios sergipanos e cuja situação é bastante privilegiada com relação ao resto do Estado, apresentando um percentual de domicílios com rede inadequada, da ordem de 8,6% para o abastecimento d'água e de 16,5% para o esgotamento sanitário. No que se refere ao abastecimento d'água, destacam-se os municípios de Nossa Senhora do Socorro, Barra dos Coqueiros, Riachuelo e Itabaiana, todos com percentual de domicílios inadequados, abaixo de 30%. Quanto ao

esgotamento sanitário, os municípios em melhor situação são Riachuelo, Nossa Senhora do Socorro, Divina Pastora e Itabaiana, com percentuais de domicílios inadequados abaixo de 40%. (ALVES E GARCIA,2006).

A bacia do Rio Sergipe, possui também o maior número de estações de tratamento de esgoto, operadas pela companhia de saneamento de Sergipe- DESO, onde a companhia já atua com um programa de reflorestamento em áreas onde há a necessidade da implantação do cinturão verde e a manutenção das áreas já reflorestadas com o cinturão verde, que é um dos mecanismos utilizados para minimizar os impactos de emissão de odor destas estações. No total a DESO possui na bacia 06 (seis) ETE (Estações de Tratamento de Esgoto) Rosa Elze (São Cristóvão); Visconde de Maracaju (Aracaju); Nossa Senhora do Socorro (N. S. do Socorro); ETE – Orlando Dantas (Aracaju); ETE – Barra dos Coqueiros (Barra dos Coqueiros) e 03(três) Estação de Recuperação da Qualidade da Água (ERQ), Sul – Santa Maria (Aracaju); Oeste- Médici, Inácio Barbosa, Ponto Novo, Jardins, Garcia e Leite Neto (Aracaju); Norte (N. S. do Socorro). As águas residuárias tratadas pela ERQ-NORTE escoam para o Rio do Sal, afluente do Rio Sergipe; as águas residuárias que são tratadas pela ERQ-OESTE são despejadas no Rio Poxim e as águas residuárias tratadas pela ERQ-SUL são despejadas no Rio Pitanga, um afluente do Poxim; tendo o seu desague final como afluente do Rio Sergipe. (DESO,2012)

As condições socioeconômicas da população da bacia podem ser analisadas, entre outros fatores, a partir do nível de renda e dos anos de estudo da pessoa responsável pelo domicílio. (ALVES E GARCIA,2006).

A bacia do Rio Sergipe é a que possui maior percentual de estabelecimentos industriais cadastrados do Estado. Existem indústrias gráficas, de alumínio, de mármore e granitos, de ladrilhos, de artefatos de cimento, de artefatos de metal, de móveis e artefatos de madeira, têxteis, agroindústrias, de fertilizantes, de alimentos, de artefatos de gesso, químicas e farmacêuticas, de plásticos, de laticínios, de confecções, de colchões, de bebidas, de sabão, de velas, de cerâmicas, de construção de navios, frigoríficos, oficinas e metalúrgicas. A quantidade total de estabelecimentos industriais cadastrados nos municípios da bacia do rio Sergipe é de 777, o que corresponde a 47% do total do Estado. Os municípios que registram a maior concentração de estabelecimentos industriais são Nossa Senhora do Socorro (85), Itabaiana (122) e Aracaju (479). (ALVES E GARCIA,2006).

Na bacia também se concentra o maior número de unidades industriais do Estado de Sergipe, especialmente nas áreas inseridas na mesorregião do leste sergipano, onde também

estão inseridas a cidade de Aracaju e a sua região metropolitana. Na bacia do rio Sergipe estão inseridas diversas áreas de proteção ambiental como a área de proteção ambiental do rio Sergipe, a área de proteção ambiental do Morro do Urubu, o Parque Ecológico Municipal Tramanday e a Reserva Florestal de Itabaiana. Também na bacia do rio Sergipe estão localizados os projetos de irrigação Jacarecica I e Jacarecica II. (ALVES E GARCIA,2006).

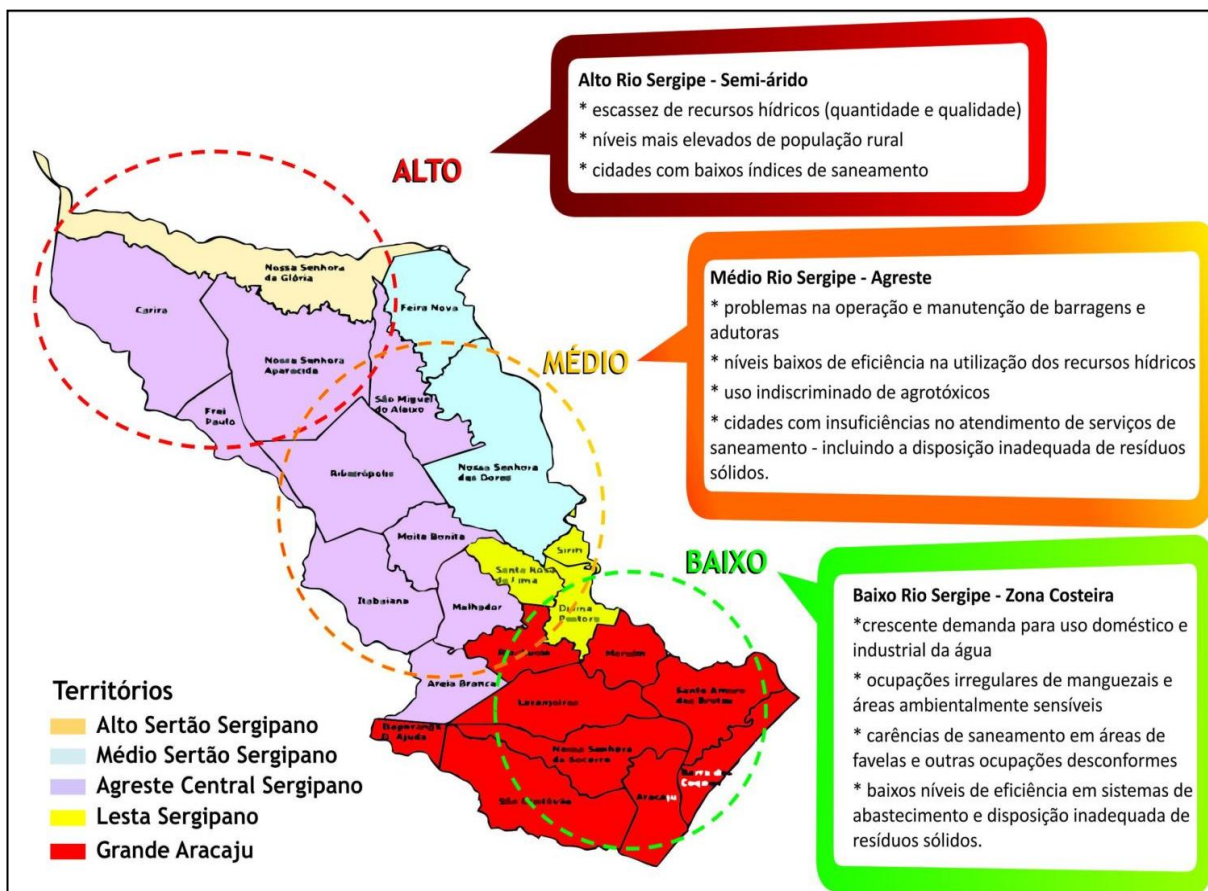
6.1.3. Aspectos climáticos e uso do solo

O quadro climático predominante na bacia do rio Sergipe é o semi-árido, que envolve em torno de 58% da sua área total, enquanto que as regiões agreste e sub-úmida representam, 24 e 18% respectivamente. Desse modo, as elevadas temperaturas contrastam com a extrema irregularidade na distribuição espacial das chuvas. (ALVES E GARCIA,2006).

No que se refere ao uso do solo, há o predomínio das pastagens, que ocupam aproximadamente 46% da área da bacia. Este fato evidencia que a pecuária se caracteriza como uma atividade econômica de natureza extensiva e predatória, responsável pelos desmatamentos indiscriminados na região, prática que se torna visível também nas áreas ocupadas por mata pouco densa, que representam 22,6% do total. Somente 18,5% das terras da bacia estão destinadas aos cultivos, principalmente da cana-de-açúcar e mandioca. (ALVES E GARCIA,2006).

Na Figura **03** observa-se a divisão da bacia hidrográficas do rio Sergipe, onde podemos observar três regiões distintas chamadas de Alto Sergipe, Médio Sergipe e Baixo Sergipe. Para cada uma das regiões, observa-se ainda o levantamento dos pontos mais críticos que incidem diretamente no uso do solo.

Figura 03: Divisão da Bacia Hidrográfica do rio Sergipe.



Fonte: SEPLAG, SUPES, GIGEC, 2012.

6.2. Metodologia

Este trabalho foi desenvolvido a partir da pesquisa contratada pela FAPITEC/SE /MCT/CNPq em 2007, para a Avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japaratuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe, elaborado pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS, para verificar a qualidade da água nas referidas bacias hidrográficas.

A Coleta de material para o relatório FAPITEC/SE /MCT/CNPq em 2007 e desenvolvida pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS, teve um total de 53 (cinquenta e três) amostras coletadas no período de 2008 a 2010 e 39 (trinta e nove) parâmetros analisados de acordo com o índice de qualidade da água o IQA e a resolução nº: 357/2005 CONAMA, em nove pontos da bacia

escolhidos de acordo com o uso e ocupação do solo; a coleta foi feita no período seco e chuvoso e as amostras coletadas em 2008 foram somente o piloto, para desenvolver a pesquisa que foi realizada com o material coletado no período de 2009 a 2010.

Para a realização do presente trabalho, foram selecionados seis dos nove pontos onde ocorreram as coletas na bacia hidrográfica do rio Sergipe; os pontos que não foram selecionados para este trabalho, não apresentaram vazão na sua calha no período seco, impossibilitando a coleta das amostras. Foram realizadas 8 coletas por ponto entre o período seco e chuvoso, totalizando 48 (quarenta e oito) amostras, no período 2009 e 2010. As Campanhas de coleta aconteceram entre 2009 e 2010. Em 2009 foram realizadas nos meses de março, maio, agosto e novembro, e em 2010 foram realizadas nos meses de janeiro, maio, agosto e novembro; totalizando respectivamente para cada ano duas campanhas em período seco e duas campanhas em período chuvoso.

Os pontos selecionados para o estudo estão apresentados na Tabela 01, escolhidos a partir dos pontos utilizados no relatório final para pesquisa contratada pela FAPITEC/SE /MCT/CNPq em 2007 e desenvolvida pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS.

Tabela 01 - Descrição dos pontos de coleta.

Ponto	Região	Município	Rio	Coordenadas Datum SAD 69
P-01	Médio Sertão	Feira Nova	Sergipe	S 10°22'33" W 37°21'01"
P-02		N. S. Dorés		S 10°31'22" W 37°14'58"
P-03	Agreste Central	Moita Bonita	Jacarecica	S 10°38'11" W 37°21'55"
P-04		Malhador	Rio Pucabi	S 10°41'54" W 37°14'53"
P-05	Grande Aracaju	N. S. Socorro	Cotinguiba	S 10°50'06" W 37°07'52"
P-06		São Cristóvão	Poxim	S 10°57'10" W 37°13'09"

Fonte: SILVEIRA, 2014.

Sendo estes pontos, localizados: na região do médio sertão no rio Sergipe nos municípios de Feira Nova e N.S. das Dorés, no rio Jacarecica e riacho Pucabi nos municípios de Moita Bonita e Malhador, no rio Contiguiba no município de N. S. do Socorro e no rio Poxim nos municípios de São Cristóvão. Conforme Figura 04.

As Campanhas de coleta aconteceram entre 2009 e 2010. Em 2009 foram realizadas nos meses de março, maio, agosto e novembro, e em 2010 foram realizadas nos meses de janeiro, maio, agosto e novembro; totalizando respectivamente para cada ano duas campanhas em período seco e duas campanhas em período chuvoso.

Figura 04: Pontos de coleta na bacia hidrográfica do rio Sergipe.



Fonte: Atlas de Recursos Hídricos de Sergipe, 2014.

6.3. Metodologia analítica

Neste trabalho coordenado e desenvolvido pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS; foram realizadas coletas trimestrais de 2009 a 2010 durante o período de janeiro a dezembro. Foram monitorados os seguintes parâmetros: pH, turbidez, concentração de fósforo e nitrogênio, sólidos totais, oxigênio dissolvido, demanda bioquímica de oxigênio e coliformes termotolerantes. Para tanto adotou-se as metodologias recomendadas no “métodos e padrões para análise de água de efluentes” ou “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater” (2005) e U.S. Environmental Protection Agency- Method 300.0 - US-EPA 300, utilizando a técnica de AA Espectrometria de Absorção Atômica, conforme a Tabela 02, tanto para as análises como

para as coletas e preservação das amostras. As análises foram realizadas pelos laboratórios de microbiologia, de água e efluentes do Instituto Tecnológico e de Pesquisas do Estado de Sergipe – ITPS, segundo os métodos descritos na Tabela 02. Foram analisados 34 parâmetros, onde 27 são contemplados na Resolução nº357/05 do CONAMA (MARQUES,2010).

Tabela 02 - Parâmetros monitorados, metodologias adotadas, unidade, limites de quantificação dos métodos.

PARÂMETROS	MÉTODOS e TÉCNICA	UNID.	LQ
Coliformes totais	SMEWW 9221 A		
Coliformes termotolerantes	SMEWW 9221 B		-
pH	SWEWW 4500H+B	-	-
Óleos e graxas	SWEWW 5520 B	mg.L ⁻¹	1,400
DBO (método respirométrico)	SWEWW 5210 D	mg O ₂ .L ⁻¹	-
Clorofila a	SWEWW 10200 I	µg.L ⁻¹	-
Condutividade elétrica	SWEWW 2510 B	µS.cm ⁻¹	-
Sólidos dissolvidos totais	SWEWW 2540 C	mg.L ⁻¹	-
Turbidez	SWEWW 2130 B	NTU	-
Cor aparente	SWEWW 2120 C	Hz	0,200
Alcalinidade total	SWEWW 2320 B	mg CaCO ₃ .L ⁻¹	-
Dureza	Cálculo	mg CaCO ₃ .L ⁻¹	-
Nitrato em N	US-EPA 300.0	mg N.L ⁻¹	0,010
Nitrito em N	US-EPA 300.0	mg N.L ⁻¹	0,015
Amônia em N	SWEWW 4500	mg N.L ⁻¹	0,010
Fosfato reativo solúvel em P	SWEWW 4500 P	mg P.L ⁻¹	0,010
Fósforo total em P	SWEWW 4500 P	mg P.L ⁻¹	0,010
Oxigênio Dissolvido	SWEWW 4500 O C	mg O ₂ .L ⁻¹	-
Sulfato	US-EPA 300.0	mg.L ⁻¹	0,050
Alcalinidade Bicarbonatos	SWEWW 2320 B	mg CaCO ₃ .L ⁻¹	-
Sódio	US-EPA 300.7	mg.L ⁻¹	0,040
Potássio	US-EPA 300.7	mg.L ⁻¹	0,100
Cálcio	US-EPA 300.7	mg.L ⁻¹	0,100
Magnésio	US-EPA 300.7	mg.L ⁻¹	0,050
Zinco	AA	mg.L ⁻¹	0,017
Chumbo	AA	mg.L ⁻¹	0,050
Cobre	AA	mg.L ⁻¹	0,050
Níquel	AA	mg.L ⁻¹	0,094
Cromo	AA	mg.L ⁻¹	0,084
Ferro	AA	mg.L ⁻¹	0,023
Manganês	AA	mg.L ⁻¹	0,020
Nitrogênio total	-	mg.L ⁻¹	-
DQO	SWEWW 5220 D	mg O ₂ .L ⁻¹	-
Carbono orgânico total	Instrumental	mg.L ⁻¹	-

Fonte: MARQUES,2010.

6.4. Tratamento dos dados

Após a análise das coletas, conforme os métodos e técnica utilizada os resultados obtidos, foram tratados utilizando o programa Statistica 8.0, onde neste programa foi possível agrupar as informações para que os gráficos de PCA e HCA sejam apresentados e interpretados neste trabalho, extraindo assim as informações contidas nas análises.

Para utilizar o programa Statistica 8.0 e obter os resultados que serão apresentados neste trabalho, foram adotados os arranjos de parâmetros que serão apresentados nos resultados e discussão.

7. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos do relatório FAPITEC/SE /MCT/CNPq 2007, desenvolvido pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS, nas análises de qualidade de água deste trabalho foram dispostas em parâmetros gerais da água: turbidez, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, dureza total, óleos e graxas, alcalinidade total e sólidos dissolvidos totais; íons maiores: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} ; clorofila e nutrientes: fósforo total, nitrogênio total, N - NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} ; TOC, DBO, DQO, Coliformes; Metais: Cu, Mn, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn.

A distribuição das fontes é uma abordagem ambiental importante visando a estimativa da contribuição das fontes identificadas para a concentração de cada parâmetro. (SIMEONOV, STRATISB, SAMARAC, ZACHARIADISB, VOUSAC, ANTHEMIDIS, SOFONIOUB,; KOUIMTZISC, 2003).

Segundo a resolução nº: 357/2005 CONAMA; os rios analisados estão dispostos atualmente nas classes 1 e 2 que são águas doces destinadas para o consumo humano, após tratamento.

7.1. Parâmetros gerais da qualidade da água

O **pH** é a concentração do íon hidrônio (H^+) é o parâmetro que mede a propriedade de solubilidade da água e os processos físicos – químicos e biológicos que ocorrem no corpo hídrico de forma geral; para as águas de classe 1 e 2 o valor está entre 6,0 a 9,1.

Durante o período de análise o pH dos rios analisados na bacia hidrográfica do rio Sergipe, está dentro da faixa de limite determinado na resolução nº: 357/2005 do CONAMA, verifica-se nas **tabelas 03 e 04**, os valores de concentração encontrado.

A faixa de concentração do pH nas campanhas em 2009 variou entre em: 6,40 a 8,61; e nas campanhas em 2010 variou entre 6,32 a 8,62. Tendo como média entre as campanhas o valor de 7,52.

A Companhia de Saneamento de Sergipe- DESO, vem ampliando a rede coletora de esgoto da grande Aracaju e ETE (Estações de Tratamento de Esgoto) e Estação de Recuperação da Qualidade da Água (ERQ), com incentivos do governo federal como PAC – Programa de Aceleração e Crescimento, na tentativa de minimizar a contribuição de esgoto in natura lançado nos afluentes da bacia hidrográfica do rio Sergipe, mas temos ainda uma grande parcela de população urbana sem rede coletora de esgoto e muitas indústrias instaladas ao longo da bacia, que não fazem o devido tratamento de esgoto para lançar o efluente proveniente de seus processos produtivos.

Tabela 03 – Parâmetros Gerais da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe.
Campanhas realizadas no período de Março a Novembro/ 2009.

Pontos de Coleta (Rios)	Turbidez (NTU)	Cor Aparente (Hz)	pH	Oxigênio Dissolvido (mgL ⁻¹)	Condutividade (mScm)	Dureza total (g/L ⁻¹ CaCO ₃ L)	Óleos e Graxas (mgL ⁻¹)	Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ L)	Sólidos Dissolvidos Totais (g/L ⁻¹)
Primeira Campanha - Março/2009 (Seco)									
1P-1	24,60	87,00	8,16	5,90	16,97	3,56	8,69	235,00	11,03
1P-2	6,10	22,60	8,33	5,59	2,02	0,25	9,34	114,00	1,32
1P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1P-4	24,10	35,00	8,30	4,72	0,50	0,10	7,37	141,00	0,32
1P-5	23,00	27,00	7,78	4,46	32,35	4,73	0,00	204,00	22,65
1P-6	70,30	54,50	6,40	4,55	0,08	0,02	4,07	12,00	0,06
Segunda Campanha - Maio/2009 (Chuvoso)									
2P-1	40,40	46,60	8,00	6,10	6,13	1,33	4,00	146,00	3,37
2P-2	59,50	62,80	7,95	7,04	4,78	1,27	3,73	150,00	2,63
2P-3	117,00	485,00	7,46	4,30	0,33	0,06	2,30	50,60	0,18
2P-4	237,00	558,00	7,42	3,43	0,19	0,04	0,00	44,90	0,10
2P-5	47,10	66,20	7,52	2,63	12,87	1,96	6,70	124,00	7,08
2P-6	93,50	163,00	6,72	6,22	0,06	0,01	0,00	10,40	0,03
Terceira Campanha - Agosto/2009 (Chuvoso)									
3P-1	11,10	37,00	8,57	11,40	10,01	2,60	3,70	268,00	7,01
3P-2	9,00	39,00	8,39	10,80	5,11	1,16	0,00	226,00	3,32
3P-3	34,40	136,00	7,93	8,03	0,46	0,10	4,70	103,00	0,30
3P-4	62,40	76,00	8,09	9,54	0,26	0,07	6,20	88,40	0,17
3P-5	23,90	54,00	7,86	3,62	13,05	1,65	4,10	174,00	8,48
3P-6	71,10	123,00	6,70	6,56	0,06	0,01	4,00	9,00	0,04
Quarta Campanha - Novembro/2009 (Seco)									
4P-1	9,10	62,00	8,58	12,10	3,40	0,84	3,39	148,00	2,35
4P-2	6,30	19,40	8,26	7,18	2,91	0,83	1,74	203,00	1,60
4P-3	25,10	57,60	7,93	7,58	0,94	0,21	0,00	228,00	0,51
4P-4	5,60	12,80	8,61	6,82	0,32	0,10	0,00	118,00	0,18
4P-5	15,00	21,60	7,88	7,18	26,70	5,01	5,33	167,00	14,69
4P-6	45,40	59,50	6,75	6,75	0,06	0,01	3,60	38,60	0,03
Média	44,21	96,07	7,48	6,35	5,81	1,08	3,46	125,12	3,64
Desvio Padrão	50,97	137,06	1,71	2,80	8,81	1,50	2,87	80,24	5,68

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

Nas campanhas em 2009 foram encontradas concentrações sendo o maior valor encontrado de 8,61 no riacho Pucabi, no período seco em dezembro de 2009 e o menor valor

encontrado de 6,40 no rio Poxim, no município de São Cristóvão, no período seco em janeiro de 2009.

Tabela 04 – Parâmetros Gerais da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe.
Campanhas realizadas no período de janeiro a novembro/2010.

Pontos de Coleta (Rios)	Turbidez (NTU)	Cor Aparente (Hz)	pH	Oxigênio Dissolvido (mgL ⁻¹)	Condutividade (mScm)	Dureza total (g ⁻¹ CaCO ₃ L)	Óleos e Graxas (mgL ⁻¹)	Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ L)	Sólidos Dissolvidos Totais (g ⁻¹)
Primeira Campanha - Janeiro/2010 (Seco)									
5P-1	22,30	68,40	8,38	10,50	6,49	1,41	0,00	203,00	4,32
5P-2	13,20	36,10	8,49	11,50	3,13	0,76	3,91	160,00	2,14
5P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5P-4	7,40	15,20	8,41	7,41	0,39	0,10	0,00	128,00	0,26
5P-5	19,90	34,30	7,90	7,90	21,57	2,97	2,73	210,00	16,18
5P-6	13,30	36,80	6,44	5,80	0,07	0,01	0,00	11,30	0,05
Segunda Campanha - Maio/2010 (Chuvoso)									
6P-1	10,60	44,00	8,41	10,20	6,92	1,75	34,40	211,00	3,80
6P-2	5,60	31,00	8,20	9,73	3,83	1,00	4,00	174,00	2,10
6P-3	84,30	219,00	7,59	7,41	4,96	0,12	31,40	99,10	0,27
6P-4	68,70	76,00	7,76	7,67	0,28	0,07	3,00	77,00	0,16
6P-5	155,00	160,00	7,68	5,32	3,09	46,60	0,00	192,00	2,13
6P-6	88,10	146,00	6,32	7,71	0,07	0,01	0,00	9,01	0,05
Terceira Campanha - Agosto/2010 (Chuvoso)									
7P-1	4,20	35,00	8,61	11,98	9,34	2,16	0,00	284,00	5,13
7P-2	5,20	39,00	8,43	9,31	4,02	0,84	3,93	224,00	2,21
7P-3	26,50	120,00	7,96	7,34	0,56	0,11	5,50	115,00	0,31
7P-4	19,60	36,00	8,08	8,36	0,36	0,08	2,36	90,50	0,20
7P-5	24,80	43,00	8,13	9,38	14,38	0,01	3,00	182,00	7,91
7P-6	19,20	39,00	6,38	8,10	0,08	1,86	2,40	11,60	0,04
Quarta Campanha - Novembro/2010 (Seco)									
8P-1	15,10	27,80	8,41	10,36	12,16	2,57	2,18	293,70	8,52
8P-2	5,60	1.880,00	8,52	10,12	2,99	0,68	0,00	185,90	2,06
8P-3	49,00	116,50	8,08	7,76	0,01	0,15	0,00	139,10	0,50
8P-4	39,90	82,00	8,62	8,29	0,37	1,10	2,14	358,20	0,26
8P-5	7,50	19,00	7,80	6,52	34,34	4,31	14,00	159,40	23,69
8P-6	30,00	44,90	6,60	5,45	0,09	0,03	11,98	14,35	0,06
Média	30,63	139,54	7,55	8,09	5,39	2,86	5,29	147,17	3,43
Desvio Padrão	36,04	374,43	1,76	2,48	8,24	9,39	9,23	96,61	5,74

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

Nas campanhas em 2010 foram encontradas concentrações sendo o maior valor de 8,62 no riacho Pucabi, no período seco em dezembro de 2010 e o menor valor encontrado foi 6,32 no rio Poxim, no município de São Cristovão, no período chuvoso em maio de 2010.

Analisando os resultados das tabelas pode-se observar que as variáveis: condutividade, dureza total, óleos e graxas, alcalinidade e sólidos totais dissolvidos, possuem valores elevados no rio Sergipe, nos trechos dos municípios de Feira Nova e Nossa senhora das Dores e no rio Cotinguiba no município de Nossa Senhora do Socorro em todas as campanhas. Estes três pontos estão inseridos em áreas de suas respectivas regiões onde há exploração da agropecuária, mas principalmente da monocultura da cana-de-açúcar para suprir a demanda das usinas produtoras de seus derivados. (SERGIPE,2000).

A **condutividade** é a variável utilizada para medir a capacidade da água em transmitir corrente elétrica, na legislação vigente não há um valor mínimo para esta variável, na literatura observa-se que está diretamente proporcional aos sólidos totais dissolvidos. (SÃO PAULO,2014).

A variável **óleos e graxas** deve estar ausente, uma vez que a presença desta em nos corpos hídricos, conforme determinado pela Resolução nº:357/2005 CONAMA, a presença de material oleoso na superfície da água, dificulta troca de oxigênio com o ar e deve estar virtualmente ausente nos corpos hídricos. (BRASIL,2014).

O **oxigênio dissolvido** é a variável que informa o nível de saturação da água, observa-se que nas campanhas de 2009 houve uma variação do valor desta variável nos períodos seco e chuvoso. Segundo a Resolução nº:357/2005 CONAMA a concentração do OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a $6 \text{ mg/L}^{-1} \text{ O}_2$ para água doce classe 1 e o OD, em qualquer amostra, não deve ser inferior a $5 \text{ mg/L}^{-1} \text{ O}_2$ para água doce classe 2. Em todos os pontos estudados neste trabalho na bacia hidrográfica do rio Sergipe, pode-se observar que o valor de OD variou abaixo dos valores mínimos permitidos e acima dos valores máximos permitidos para águas de classe 1 e 2, demandando assim indicadores de lançamento de cargas poluidoras industriais e urbanas das adjacências. (BRASIL,2014).

A água ainda tem como parâmetros gerais: **cor** e **turbidez**, são elas que determinam a taxa de fotossíntese e a produção de algas no ambiente aquático.

De acordo com a Resolução nº:357/2005 CONAMA tem-se para a cor verdadeira em rios de classe 1 nível de cor natural do corpo d'água em mg Pt L^{-1} e para rios de classe 2 cor verdadeira até 75 mg Pt L^{-1} . Para o parâmetro de turbidez a Resolução nº:357/2005

CONAMA, diz que para rios de classe 1 mede-se até 40 UNT (unidades nefelométrica de turbidez) e para rios de classe 2 temos até 100 UNT.

Observa-se que no período chuvoso da segunda campanha em 2009 há um aumento da cor e turbidez nos rios Jacarecica e Pucabi, devido provavelmente pelo aumento do material particulado suspenso nas águas levado ao rio pelo processo de escoamento ocasionado pelas chuvas. Nos demais pontos, nas campanhas realizadas em 2009 e 2010 observa-se que mesmo no período chuvoso tem-se, valores dentro das faixas determinadas pela Resolução nº:357/2005 CONAMA, no período seco os valores de turbidez, estão abaixo do valor de limite mínimo estabelecido pela legislação, relacionando assim características próprias do período seco.

A Dureza da água é a propriedade relacionada com a concentração de íons de Cálcio e Magnésio, baseado na portaria 1469/ 2000 do ministério da saúde o valor máximo permitido para o consumo humano sem causar problemas fisiológicos é de $500 \text{ g L}^{-1} \text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ (BRASIL,2014).

Nas campanhas em 2009 o maior valor de concentração encontrado para esta variável foi de $5,00 \text{ g L}^{-1} \text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ no ponto P5 em dezembro, período seco rio Cotinguiba no município de N. S do Socorro e o menor valor foi de $0,01 \text{ g L}^{-1} \text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ no ponto P6 em agosto período chuvoso rio Jacarecica no município de Moita Bonita. Nas campanhas em 2010 o maior valor de concentração encontrado para esta variável foi de $46,60 \text{ g L}^{-1} \text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ no ponto P5 em maio, período chuvoso rio Cotinguiba no município de N. S do Socorro e o menor valor foi de $0,01 \text{ g L}^{-1} \text{CaCO}_3/\text{L}^{-1}$ no ponto P5 em agosto período chuvoso rio Jacarecica no mesmo rio.

A **alcalinidade** é a capacidade de tamponamento, ou seja, condições que uma determinada água tem de neutralizar os sais do ácido carbônico, que se apresentam na forma de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. É um importante parâmetro de caracterização do esgoto doméstico. (URSOLINO, LIMA, ARAÚJO SILVA, PINHEIRO, LIMA SANTOS, 2013).

Temos nas campanhas de 2009 o maior valor de concentração encontrado de $268,00 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}$ no ponto do rio Sergipe no período de chuvoso em agosto e o menor valor encontrado de $9,00 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}^{-1}$, no rio Poxim no período chuvoso em agosto. Nas campanhas de 2010 o maior valor encontrado foi de $284,00 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}^{-1}$, o período de chuvoso em agosto e o menor valor encontrado de $9,01 \text{ mgCaCO}_3/\text{L}^{-1}$, no rio Poxim no período chuvoso em maio.

A maioria das águas naturais apresenta valores de alcalinidade na faixa de 30 a 500 mg L⁻¹ de CaCO₃. (MORAES,2008).

Os **sólidos totais** é uma variável que corresponde a toda matéria que permanece como resíduo na água após evaporação, secagem ou calcinação da amostra a uma temperatura pré-estabelecida durante um determinado tempo. (SOUZA,2010).

Temos nas campanhas de 2009 o maior valor de concentração encontrado de 22,65 gL⁻¹ no ponto do rio Cotinguiba no período de seco em março e o menor valor encontrado de 0,03 gL⁻¹ no rio Poxim no período chuvoso em maio. Nas campanhas de 2010 o maior valor encontrado foi de 23,69 gL⁻¹ no ponto do rio Cotinguiba no período de seco em dezembro e o menor valor encontrado.

A Resolução nº:357/2005 CONAMA cita que para os rios de classe 1 e 2 os sólidos totais dissolvidos devem estar virtualmente ausentes.

No trabalho desenvolvido em um micro bacia no município de Guaira, onde, os autores indicam que a entrada de material originado das áreas agrícolas e de fontes urbanas contribui para o aumento na carga de fósforo e amônia e promove decréscimo na concentração de OD, devido ao consumo deste elemento nos processos respiratórios da comunidade hídrica, principalmente se for material orgânico. Associado a este processo de mineralização de material orgânico, houve aumento na condutividade elétrica da água, que pode ser observado pela relação negativa entre este parâmetro e a variável OD. (TOLEDO & NICONELLA,2002).

7.2. Íons maiores

Os íons sódio (Na⁺), potássio (K⁺), magnésio (Mg²⁺), cálcio (Ca²⁺), cloreto (Cl⁻) e o sulfato (SO₄²⁻), são espécies presentes na água e suas concentrações na água estão diretamente ligadas aos fatores geológicos, físicos e químicos, que podem ocorrer por interferência de ações naturais ou de ações antropogênicas. (ALVES, 2009) (GARCIA,2009).

As **tabelas 05 e 06** apresentam os valores das concentrações obtidos para estas variáveis através na análise das amostras realizadas nas campanhas de coleta em 2009 e 2010.

Tabela 05 – Concentração de íons maiores presentes na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de Março a Novembro/ 2009.

Pontos de Coleta (Rios)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)
Primeira Campanha - Março/2009 (Seco)						
1P-1	2.676,46	40,24	714,05	251,02	6.833,96	194,08
1P-2	128,86	7,79	24,31	56,65	140,02	8,90
1P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1P-4	49,58	3,08	9,88	23,85	68,55	4,28
1P-5	6.712,10	274,40	942,12	347,31	12.020,70	1.681,70
1P-6	10,80	0,65	1,78	4,36	16,43	2,09
Segunda Campanha - Maio/2009(Chuvoso)						
2P-1	864,01	16,70	242,90	134,80	2.055,98	113,07
2P-2	644,56	17,11	215,10	155,10	1.599,34	105,96
2P-3	36,94	7,79	9,34	10,64	58,40	8,51
2P-4	18,99	3,67	4,48	9,67	21,29	4,22
2P-5	2.814,50	112,76	384,23	152,21	5.096,98	764,30
2P-6	6,72	0,89	1,65	3,01	11,26	1,83
Terceira Campanha - Agosto/2009(Chuvoso)						
3P-1	1.658,40	22,99	472,10	264,90	3.942,37	262,54
3P-2	700,57	10,09	207,30	124,70	1.655,03	98,33
3P-3	62,34	4,81	15,04	13,97	93,97	3,81
3P-4	32,02	2,85	7,72	15,94	36,30	3,71
3P-5	2.509,94	96,77	322,60	131,60	4.508,80	617,08
3P-6	7,66	0,67	1,11	1,73	12,99	1,23
Quarta Campanha - Novembro/2009(Seco)						
4P-1	608,81	16,29	152,30	85,06	1.067,49	48,51
4P-2	497,26	8,33	145,77	91,36	1.003,52	45,80
4P-3	156,17	47,74	36,25	24,34	195,62	7,82
4P-4	48,18	3,48	9,74	23,93	43,78	3,36
4P-5	7.183,85	324,84	878,43	0,00	8.921,61	1.620,01
4P-6	10,58	0,66	1,60	3,02	14,16	1,60
Média	1.143,30	42,69	199,99	80,38	2.059,11	233,45
Desvio Padrão	1.997,25	84,64	285,82	97,41	3.248,00	477,97

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

A presença destes íons nos valores máximos permitidos pela Resolução nº: 357/2005 CONAMA, são benéficos a saúde humana; o **sódio** presente em abundância na natureza e solúvel deve ser encontrado na água em concentrações baixas. (ALVES, 2009).

Nas campanhas em 2009 encontram-se os maiores valores de concentração para o sódio nos pontos P1 2.676,46 mgL⁻¹ no período seco em janeiro e 1.658,40 mgL⁻¹ no período chuvoso em maio rio Sergipe no município de Feira Nova e no ponto P5 6.712,10 mgL⁻¹

período seco em janeiro e 7.183,85 mgL⁻¹ período seco em dezembro; 2.814,50 mgL⁻¹ período chuvoso em maio, 2.509,94 mgL⁻¹ período chuvosos em junho rio Cotinguiba, no município de Nossa Senhora do Socorro.

Tabela 06 – Concentração de íons maiores presentes na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período de Janeiro a Novembro/ 2010.

Pontos de Coleta (Rios)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)
Primeira campanha - Janeiro/2010 (Seco)						
5P-1	1.129,86	20,64	239,30	170,98	2.772,80	144,85
5P-2	474,44	9,73	120,78	107,78	1.253,72	63,14
5P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5P-4	51,52	3,82	9,03	25,48	64,84	5,51
5P-5	5.681,25	202,21	558,10	270,80	10.439,80	1.399,26
5P-6	8,23	0,63	1,20	3,41	15,29	0,63
Segunda Campanha - Maio/2010 (Chuvoso)						
6P-1	1.050,90	16,91	313,54	187,23	2.101,30	1,29
6P-2	517,40	11,01	169,75	123,27	1.102,80	67,65
6P-3	61,51	5,95	18,09	20,28	82,91	4,38
6P-4	32,72	4,14	7,07	15,95	38,94	6,17
6P-5	526,77	23,37	71,94	68,71	759,74	111,24
6P-6	7,82	0,69	1,25	2,40	11,10	1,70
Terceira Campanha - Agosto/2010(Chuvoso)						
7P-1	1.339,10	19,89	398,10	212,90	3.235,60	203,50
7P-2	499,42	12,19	148,90	90,42	11,46	69,28
7P-3	62,27	6,02	17,31	16,46	93,04	3,20
7P-4	33,75	3,24	8,03	16,88	37,45	4,12
7P-5	2.545,29	98,77	1,32	2,10	4.741,22	649,76
7P-6	8,26	0,56	375,80	126,80	13,66	1,49
Quarta Campanha - Novembro/2010 (Seco)						
8P-1	3.068,70	26,55	478,90	199,49	6.509,00	251,10
8P-2	598,30	5,93	112,10	7,62	1.273,00	43,59
8P-3	159,20	5,47	21,06	18,25	220,80	7,80
8P-4	42,99	3,17	12,19	20,81	76,48	4,70
8P-5	11.415,30	254,60	838,90	260,70	18.792,00	1.736,00
8P-6	10,15	0,84	1,26	2,78	15,94	1,69
Média	1.221,88	30,68	163,50	82,15	2.235,95	199,25
Desvio Padrão	2.538,75	64,53	222,93	90,23	4.347,03	446,93

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

Nas campanhas em 2010 encontram-se os maiores valores de concentração para sódio nos pontos P1 1.129,86 mgL⁻¹ no período seco em janeiro, 3.068,70 mgL⁻¹ no período seco em dezembro e 1.050,90 mgL⁻¹ no período chuvoso em maio, 1.339,10 mgL⁻¹ no período chuvoso em agosto; no ponto P5 5.681,25 mgL⁻¹ no período seco em janeiro, 11.415,30 mgL⁻¹ no período seco em dezembro e 2.545,29 mgL⁻¹ no período chuvoso em agosto rio Cotinguiba, no município de Nossa Senhora do Socorro.

Tanto no período seco, como no período chuvoso, no ponto P1 rio Sergipe tem-se o lançamento de descarga de efluentes industriais no período do beneficiamento da cana de açúcar e a pecuária, que durante todo o ano é praticada na região, no ponto P5 rio Cotinguiba, recebe grande descarga de efluentes industriais e domésticos.

O **potássio**, elemento presente em rochas resistentes as intempéries naturais, normalmente é encontrado em valores baixo na água. Nas análises realizadas nas duas campanhas tem-se no ponto P5 rio Cotinguiba no município de N. S. do Socorro uma concentração de potássio alta. Neste trecho da bacia hidrográfica do Sergipe, tem-se o aporte dos efluentes das industriais produtoras de cimento. Nas campanhas em 2009 encontram-se os maiores valores de sódio no ponto P5 274,40 mgL⁻¹ no período seco em janeiro, 324,84 mgL⁻¹ no período seco em dezembro e os menores valores encontrados foram 112,76 mgL⁻¹ período chuvoso em maio, 96,77 mgL⁻¹ período chuvoso em agosto; nas campanhas em 2010 encontram-se os maiores valores de sódio no ponto P5 202,21 mgL⁻¹ no período seco em janeiro, 254,60 mgL⁻¹ no período seco em dezembro e os menores valores encontrados foram 23,37 mgL⁻¹ período chuvoso em maio e 98,77 mgL⁻¹ período chuvoso em agosto.

O **cálcio e magnésio** elementos encontrados comumente em águas naturais, são originários de rochas que contem calcário, ferro e magnésio, estes elementos são essenciais a saúde humana. (ALVES,2009).

As maiores concentrações encontram-se nas amostras analisadas na campanha em 2009 foram nos pontos P1, P2 e P5; tem –se no ponto P1 714,05 mgL⁻¹ de Mg²⁺, 251,02 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Sergipe no município de Feira Nova, tem –se no ponto P5 942,12 mgL⁻¹ de Mg²⁺, 347,31 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Cotinguiba no município de N S do Socorro no período seco em janeiro; tem –se no ponto P2 942,12 mgL⁻¹ de Mg²⁺, 347,31 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Sergipe no período chuvoso em maio.

As maiores concentrações encontram-se nas amostras analisadas na campanha em 2010 foram nos pontos P1, P2 e P5; tem –se no ponto P1 478,90 mgL⁻¹ de Mg²⁺, 199,49 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Sergipe no município de Feira Nova ,período seco em dezembro, tem –se

no ponto P5 838,90 mgL⁻¹ de Mg²⁺, rio Cotinguiba no município de N S do Socorro no período seco em dezembro; 270,80 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Cotinguiba no município de N S do Socorro no período seco em janeiro; tem –se no ponto P2 169,75 mgL⁻¹ de Mg²⁺, 123,27 mgL⁻¹ de Ca²⁺, rio Sergipe município de N S das Dores no período chuvoso em maio.

O **cloreto** substancia oriunda de rochas sedimentares que entram na água através do intemperismo natural e de efluentes industriais e urbanos (ALVES,2009). Na resolução Conama357/2005 temos o valor de 250 mg/L⁻¹ de para concentração máxima de cloreto em água para consumo humano.

As maiores concentrações encontram-se nas amostras analisadas na campanha em 2009 nos pontos P1, P2 e P5 tem –se em P1 6.822,96 mg/L⁻¹, no rio Sergipe no município de Feira Nova, tem –se em P5 12.020,070 mg/L⁻¹, rio Cotinguiba no município de N. S. do Socorro no período seco em janeiro; tem –se em P2 1.599,34 mg/L⁻¹, no rio Sergipe município de N. S. das Dores no período chuvoso em maio. As maiores concentrações encontram-se nas amostras analisadas na campanha em 2010 nos pontos P1, P2 e P5 tem –se em P1 6.509,00 mg/L⁻¹, no rio Sergipe no município de Feira Nova, tem –se em P5 18.792,00 mg/L⁻¹, no rio Cotinguiba no município de N. S. do Socorro no período seco em janeiro; tem –se em P2 1.253,72 mg/L⁻¹, no rio Sergipe município de N. S. das Dores no período chuvoso em maio. Estes pontos recebem contribuição de pesticidas utilizados na agricultura, através do processo de lixiviação e descargas de efluentes industriais e urbanos de suas adjacências.

Na água também encontramos o **sulfato** que é a forma estável do enxofre, sua origem na água é decorrente da lixiviação de compostos minerais de sulfato e enxofre contidos no gesso. Para águas doces de classe 1 e 2 o limite é de 250 mg/L⁻¹, conforme Resolução nº: 357/2005 do CONAMA.

Encontram-se elevadas concentrações de sulfato nas amostras do ponto P5 rio Cotinguiba, município de N. S. do Socorro, na campanha de 2009 P5 1.681,70 mg/L⁻¹, no período seco em janeiro e na campanha 2010 P5 1.736,00 mg/L⁻¹, no período seco em dezembro. Este ponto da bacia hidrográfica sofre descarga de efluente industrial proveniente das fabricas de cimento, instaladas em suas adjacências e que utilizam o gesso na fabricação do cimento.

No trabalho de caracterização química e física das fontes de descarga do sistema de escoamento regional de Great Basin, no oeste dos Estados Unidos os autores afirmam que as proporções de (Na⁺ + K⁺) e (Cl⁻ + SO₄²⁻) aumentam a relatividade de (Ca²⁺ + Mg²⁺) e (HCO₃⁻

+ CO_3^{2-}), mostrando a influência de dissolução de minerais leves, como gesso (HERSHEY, MIZELL, EARMAN 2010).

7.3. Concentração de clorofila-a e nutrientes

A clorofila-a e os nutrientes são essenciais para que os organismos e plantas aquáticas realizem a fotossíntese e o metabolismo. (LIBÂNIO,2010).

A **clorofila-a** é presente na fotossíntese, por ser o pigmento verde presente nos organismos que realizam o processo fotossintético, é utilizada como indicador do estado trófico em ambientes aquáticos. Seus limites variam entre $10\mu\text{g L}^{-1}$ e $30\mu\text{g L}^{-1}$. (SÃO PAULO,2014).

Em corpos d'água o íon **fosfato** se apresenta na forma orgânica ou inorgânica, particulada ou dissolvida (LIBÂNIO,2010). É um nutriente essencial para o metabolismo das plantas aquáticas e uma derivação do fósforo. Na Resolução nº: 357/2005 do CONAMA tem-se os valores apresentados para o fósforo total e variam de $0,020\text{mg L}^{-1}\text{ P}$ a $0,1\text{mg L}^{-1}\text{ P}$.

O **nitrogênio** e o **fósforo** são um nutriente essencial ao crescimento das algas, cianobactérias e plantas aquáticas, assimilado facilmente na forma de íon amônio e nitrato, além das fontes naturais, estas variáveis são também provenientes de lançamento de efluentes domésticos (Libânio,2010). Os valores máximos permitidos pela Resolução nº: 357/2005 do CONAMA para o fósforo total variam de $0,020\text{ mg L}^{-1}\text{ P}$ a $0,1\text{ mg L}^{-1}\text{ P}$, para o íon nitrato são de 10 mg L^{-1} , para íon nitrito $1,0\text{ mg L}^{-1}$ e para o nitrogênio amoniacal varia de $0,5\text{ mg L}^{-1}$ a $3,7\text{ mg L}^{-1}$ de acordo com a faixa do pH encontrado na amostra.

As **Tabelas 07 e 08** apresentam os valores das concentrações para estas variáveis.

Tabela 07 – Concentração de clorofila e nutrientes da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro / 2009.

Pontos de Coleta (Rios)	Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Fósforo Total (mg P L^{-1})	Nitrogênio Total (mg N L^{-1})	Nitrogênio Amoniacal N - NH_3 (mg L^{-1})	NO_2^- (mg L^{-1})	NO_3^- (mg L^{-1})	PO_4^{3-} (mg L^{-1})
Primeira Campanha – Março /2009 (Seco)							
1P-1	22,47	0,18	1,80	0,07	<0,010	0,59	<0,010
1P-2	7,21	0,04	0,34	0,04	<0,010	0,82	<0,010
1P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1P-4	2,76	0,06	0,56	0,04	<0,010	0,44	4,72
1P-5	1,03	0,14	0,23	0,05	<0,010	1,81	<0,010
1P-6	4,26	0,10	0,28	0,09	<0,010	0,02	<0,010
Segunda Campanha – Maio/ 2009 (Chuvoso)							
2P-1	3,86	0,16	0,56	0,36	<0,010	0,55	0,34
2P-2	3,78	0,14	0,62	0,17	<0,010	1,51	0,15
2P-3	36,20	0,44	2,03	0,20	0,02	0,34	0,01
2P-4	3,98	0,52	1,83	0,16	0,01	1,30	<0,010
2P-5	10,58	0,24	1,41	0,20	<0,010	0,09	<0,010
2P-6	4,16	0,04	0,39	0,11	<0,010	0,08	<0,010
Terceira Campanha- Agosto/2009(Chuvoso)							
3P-1	13,10	0,07	0,45	0,08	<0,010	<0,010	<0,010
3P-2	12,10	0,05	0,11	0,03	<0,010	0,32	<0,010
3P-3	17,50	0,11	0,45	0,06	0,01	0,33	<0,010
3P-4	37,80	0,13	0,28	0,04	<0,010	1,35	<0,010
3P-5	25,40	0,11	0,23	0,08	<0,010	0,74	<0,010
3P-6	7,54	0,11	0,28	0,08	<0,010	0,07	<0,010
Quarta Campanha-Novembro/2009 (Seco)							
4P-1	23,94	0,08	1,07	0,05	<0,010	0,13	<0,010
4P-2	11,94	0,06	0,45	0,09	<0,010	0,24	<0,010
4P-3	20,26	0,08	0,62	0,20	<0,010	0,05	<0,010
4P-4	<0,010	0,02	0,34	0,07	<0,010	1,10	<0,010
4P-5	3,76	0,10	0,17	0,10	<0,010	<0,010	<0,010
4P-6	22,37	0,04	0,06	0,11	<0,010	0,13	<0,010
Média	12,33	0,13	0,61	0,10	0,00	0,50	0,22
Desvio Padrão	11,06	0,12	0,58	0,08	0,00	0,54	0,96

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

Tabela 08 – Clorofila e Nutrientes da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe.
Campanhas realizadas no período entre janeiro a novembro/2010.

Pontos de Coleta (Rios)	Clorofila-a ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Fósforo Total (mg P L^{-1})	Nitrogênio Total (mg N L^{-1})	Nitrogênio Amoniacal N - NH_3 (mg L^{-1})	NO_2^- (mg L^{-1})	NO_3^- (mg L^{-1})	PO_4^{3-} (mg L^{-1})
Primeira Campanha – Janeiro/2010 (Seco)							
5P-1	9,38	0,15	0,79	0,10	<0,010	0,13	<0,010
5P-2	30,41	0,05	0,34	0,09	<0,010	0,21	<0,010
5P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5P-4	<0,010	0,03	0,17	0,07	<0,010	<0,010	<0,010
5P-5	20,05	0,13	0,22	0,11	<0,010	2,15	<0,010
5P-6	16,07	0,03	0,06	0,10	0,03	0,63	<0,010
Segunda Campanha – Maio/2010 (Chuvoso)							
6P-1	<0,010	0,05	1,29	0,15	0,02	0,79	0,10
6P-2	<0,010	0,05	0,84	0,11	0,02	0,06	0,10
6P-3	<0,010	0,27	1,51	0,25	0,01	0,34	0,05
6P-4	<0,010	0,07	0,67	0,23	0,02	2,46	0,02
6P-5	4,15	0,21	0,95	0,19	<0,010	0,31	<0,010
6P-6	5,08	0,10	0,78	0,37	<0,010	0,06	0,03
Terceira Campanha – Agosto/2010(Chuvoso)							
7P-1	17,00	0,03	0,78	0,01	0,02	1,08	0,10
7P-2	10,21	0,02	0,34	0,00	0,02	0,46	0,10
7P-3	3,30	0,09	1,01	0,04	0,02	0,59	0,10
7P-4	17,67	0,05	0,28	0,03	0,02	1,79	0,10
7P-5	0,02	0,13	0,11	0,01	0,02	1,21	0,10
7P-6	0,00	0,06	0,45	0,11	0,02	0,13	0,10
Quarta Campanha – Novembro/2010(Seco)							
8P-1	13,55	0,04	1,06	<0,010	0,02	7,00	0,10
8P-2	14,54	0,03	0,62	0,01	0,02	0,08	0,10
8P-3	8,65	0,09	1,40	0,02	0,02	0,33	0,10
8P-4	4,30	0,02	2,30	<0,010	0,02	1,91	0,10
8P-5	8,35	0,06	0,95	<0,010	0,02	0,50	0,10
8P-6	17,40	0,08	0,67	0,42	0,02	0,21	0,10
Média	8,34	0,08	0,73	0,10	0,01	0,93	0,06
Desvio Padrão	8,40	0,06	0,54	0,12	0,01	1,48	0,05

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

Observou-se que nas campanhas realizadas em 2009 a concentração de **clorofila-a** estava elevada nos pontos P1 rio Sergipe no município de Feira Nova, tanto no período seco como no período chuvoso, o maior valor encontrado foi de $23,94 \mu\text{g L}^{-1}$ em dezembro período seco; ponto P2 rio Sergipe município de N S das Dores, tanto no período seco como no período chuvoso, o maior valor encontrado foi de $12,10 \mu\text{g L}^{-1}$ em agosto período chuvoso,

ponto P3 rio Jacarecica município de Moita Bonita, tanto no período seco como no período chuvoso, o maior valor encontrado foi de 36,20 $\mu\text{g L}^{-1}$ em janeiro período seco, no ponto P5 com o valor de 25,40 $\mu\text{g L}^{-1}$ no rio Cotinguiba município de N. S. do Socorro em agosto período chuvoso e o ponto P6 com o valor de 22,37 $\mu\text{g L}^{-1}$ no rio Poxim município de São Cristóvão período seco em dezembro. Nas campanhas de 2010 observa-se que a concentração desta variável está elevada nos pontos P1 rio Sergipe município de Feira Nova tanto no período seco como no período chuvoso, sendo o maior valor de 17,00 $\mu\text{g L}^{-1}$ em agosto período chuvoso e ponto P2 rio Sergipe município de N. S. das Dores, tanto no período seco como no período chuvoso sendo o maior valor de 30,41 $\mu\text{g L}^{-1}$ em janeiro período seco. Estas elevadas concentrações, indicam que a população de algas nestes pontos dos corpos hídricos está elevada devido à alta concentração de matéria orgânica lançada nestes, as regiões onde estes valores se apresentam elevados estão cercadas pelo cultivo da cana-de-açúcar e agricultura comercial.

Observou-se que, os valores encontrados para o íon **fosfato** estão dentro da faixa de limite estabelecida pelo no Resolução nº: 357/2005 do CONAMA para água doce classe 1 e 2, em todas as campanhas em 2009 e 2010. Nas campanhas de 2009 e 2010 observa-se que as concentrações desta variável estão na faixa de valor aceitável, mas nos pontos P1, P2 e P4, apresentaram valores acima do limite sendo o maior valor de 4,72 mg L^{-1} no ponto P4 riacho Pucabi município de Malhador em janeiro de 2009 período seco, esta região explora a agricultura de tubérculos e pecuária bovina e suína.

Observou-se que nas campanhas realizadas em 2009 e 2010, que os valores encontrados para o **nitrogênio** e o **fósforo** estão dentro dos limites máximos permitidos pela legislação.

Em um trabalho desenvolvido no rio Timbó na cidade de Paulista estado de Pernambuco, os autores baseados em Feitosa (1988) e Feitosa et al. (1999), na bacia do Pina (PE), Moreira (1994), no estuário do rio Cocó (CE), Moura Júnior (1997), no estuário do rio Vaza-Barris (SE), afirmam que os maiores teores de clorofila-a durante o período de estiagem, foram em função de uma maior transparência da água associado ao bom suprimento de sais nutrientes, visto que no período chuvoso esta transparência reduziu em decorrência de maiores concentrações de material em suspensão.(GREGO, FEITOSA, HONORATO DA SILVA, FLORES MONTES, 2004).

7.4. Concentração de TOC, DBO, DQO e coliformes

O **carbono orgânico total** (TOC) é um dos indicadores da concentração de matéria orgânica nas águas naturais, a **demanda bioquímica de oxigênio** e a **demanda química de oxigênio** expressam a presença de matéria orgânica, e os **coliformes** assumem importância como um parâmetro indicador da existência de patógenos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica. (LIBÂNIO,2010).

O **Carbono Orgânico Total** (TOC) como já citado inicialmente é um dos indicadores da concentração de matéria orgânica nas águas naturais, a faixa de teor de TOC variam de 1,0 mgL⁻¹ a 20 mgL⁻¹, em águas naturais e eleva-se até 1000 mgL⁻¹ em águas residuárias. (LIBÂNIO,2010).

Os parâmetros de a **DBO e DQO** expressam a presença de matéria orgânica, sendo um importante indicador de qualidade de águas naturais, são estas duas variáveis que auxiliam a quantificação do potencial poluidor dos efluentes industriais. (SÃO PAULO,2010).

As faixas de concentração para a DBO variam de 3 a 5 mg L⁻¹ (BRASIL,2005) e para a DQO tem-se o limite de 20 mg L⁻¹. (MACHADO, BECEGATO, BITTENCOURT, CABRAL,2009).

Os **coliformes** assumem importância como um parâmetro indicador da existência de patógenos responsáveis pela transmissão de doenças de veiculação hídrica, tem-se os coliformes totais, que são grupos de bactérias gram-negativas, que podem ou não necessitar de oxigênio - aeróbias ou anaeróbias, que não formam esporos, e são associadas à decomposição de matéria orgânica em geral e os coliformes fecais, também chamados de coliformes termotolerantes, pois toleram temperaturas acima de 40°C, e reproduzem-se nessa temperatura em menos de 24 horas.(SÃO PAULO,2010).

A Resolução nº: 357/205 do CONAMA, determina que a faixa de concentração de coliformes para águas de consumo humano deve variar de 200 a 1.000 NMP100 mL⁻¹, para coliformes termotolerantes. (BRASIL,2005).

Estas variáveis fazem parte dos parâmetros de qualidade da água estabelecida na Resolução nº: 357/2005 do CONAMA, e os valores das concentrações encontrados nas campanhas de coleta realizadas em 2009 e 2010, estão nas Tabelas **09 e 10**.

Tabela 09 – Concentração de TOC, DBO, DQO, coliformes, da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre Março a Novembro /2009.

Pontos de Coleta	DBO (mgL ⁻¹)	DQO (mgL ⁻¹)	Coliformes Totais (NMP 100mL ⁻¹)	Coliformes Termotolerantes (NMP100 mL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)
Primeira Campanha – Março /2009 (Seco)					
1P-1	14,20	21,70	170,00	40,00	29,14
1P-2	7,60	10,20	790,00	790,00	2,49
1P-3	NA	NA	NA	NA	NA
1P-4	13,70	28,70	9.200,00	9.200,00	0,21
1P-5	1,60	<0,010	35.000,00	2.100,00	8,70
1P-6	0,00	6,70	4.600,00	1.400,00	1,05
Segunda Campanha – Maio/ 2009 (Chuvoso)					
2P-1	4,00	21,50	610,00	400,00	12,13
2P-2	11,00	22,50	7.900,00	610,00	14,96
2P-3	9,80	21,60	54.000,00	1.800,00	22,06
2P-4	5,40	1,30	35000,00	22.000,00	9,05
2P-5	10,40	20,20	16.000,00	56,00	152,21
2P-6	0,50	3,30	5.400,00	210,00	3,94
Terceira Campanha- Agosto/2009 (Chuvoso)					
3P-1	2,70	4,00	35.000,00	7.000,00	19,83
3P-2	0,50	2,10	540,00	540,00	17,79
3P-3	1,00	2,10	1.600,00	9,30	13,10
3P-4	<0,010	1,00	350,00	27,00	2,02
3P-5	4,10	<0,010	920,00	240,00	30,23
3P-6	0,50	3,80	1.600,00	20,00	<0,010
Quarta Campanha-Novembro/2009 (Seco)					
4P-1	8,70	34,40	54.000,00	7.900,00	14,94
4P-2	10,10	28,00	110,00	20,00	34,70
4P-3	13,70	25,00	9.200,00	93,00	12,50
4P-4	3,20	13,00	35.000,00	400,00	1,80
4P-5	28,40	43,00	3.500,00	330,00	1,04
4P-6	11,50	27,00	<0,010	170,00	0,36
Média	6,78	14,21	33.187,08	2.306,47	16,84
Desvio Padrão	6,78	12,91	109.055,33	4.951,27	30,67

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

Tabela 10 – Concentração de TOC, DBO, DQO, Coliformes, da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe. Campanhas realizadas no período entre março a novembro /2010.

Pontos de Coleta	DBO (mgL ⁻¹)	DQO (mgL ⁻¹)	Coliformes Totais (NMP100mL ⁻¹)	Coliformes Termotolerantes (NMP100mL ⁻¹)	TOC (mgL ⁻¹)
Primeira Campanha – Janeiro/2010 (Seco)					
5P-1	5,40	73,00	330,00	78,00	24,90
5P-2	7,60	30,00	130,00	79,00	8,27
5P-3	NA	NA	NA	NA	NA
5P-4	2,10	12,00	11.000,00	2000,00	0,74
5P-5	3,20	10,00	1.600,00	170,00	8,40
5P-6	0,50	2,00	3.300,00	1300,00	1,59
Segunda Campanha – Maio/2010 (Chuvoso)					
6P-1	10,40	21,00	330,00	20,00	<0,010
6P-2	7,60	26,00	170,00	45,00	<0,010
6P-3	13,70	38,00	400,00	68,00	<0,010
6P-4	10,90	13,00	9.200,00	130,00	<0,010
6P-5	3,20	4,20	28.000,00	2300,00	<0,010
6P-6	<0,010	8,00	920,00	7,80	<0,010
Terceira Campanha – Agosto/2010(Chuvoso)					
7P-1	<0,010	48,00	700,00	700,00	11,80
7P-2	32,80	20,20	1.400,00	330,00	0,01
7P-3	<0,010	30,00	930,00	450,00	18,59
7P-4	<0,010	<0,010	17.000,00	1.100,00	1,02
7P-5	<0,010	<0,010	<0,010	350,00	10,10
7P-6	<0,010	<0,010	1600,00	170,00	2,40
Quarta Campanha – Novembro/2010(Seco)					
8P-1	2,70	40,00	13,00	13,00	16,70
8P-2	8,20	40,00	79,00	49,00	7,80
8P-3	2,10	18,00	630,00	230,00	26,80
8P-4	3,00	<0,010	1.600,00	<0,010	14,30
8P-5	<0,010	<0,010	350,00	350,00	7,50
8P-6	<0,010	<0,010	48,00	48,00	4,30
Média	4,73	18,06	3.322,08	416,16	6,88
Desvio Padrão	7,26	19,33	6.716,15	633,55	8,22

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

Em todas as campanhas realizadas em 2009 e 2010, observou-se que os pontos P1, P2 e P3 no período seco, respectivamente, em janeiro e novembro e apresentaram valores de concentração de **Carbono Orgânico Total** acima do limite para águas naturais. Os pontos P2 e P4 no período chuvoso em maio de 2009 apresentam também valores elevados. Para o

período seco nas duas campanhas o maior valor de concentração encontrado foi de 34,70 mgL⁻¹ no ponto P2 em dezembro de 2009, no rio Sergipe no município de N. S. das Dores e o menor valor de concentração encontrado foi de 0,210 mgL⁻¹ no ponto P4 em janeiro de 2009, no riacho Pucabi município de Malhador. Para o período chuvoso nas duas campanhas o maior valor encontrado foi de 152,21 mgL⁻¹ em maio de 2009, no riacho Pucabi, no município de Malhador e o menor valor de concentração encontrado foi de 0,01 mgL⁻¹ no ponto P2 em agosto de 2010, no rio Sergipe município de N. S. das Dores. Nestes pontos tem-se o lançamento de efluentes com elevada concentração de matéria orgânica proveniente da indústria da cana de açúcar, da agricultura comercial e das áreas urbanas que lançam esgoto sem tratamento.

Os parâmetros de a **DBO e DQO** expressam a presença de matéria orgânica, sendo um importante indicador de qualidade de águas naturais, são estas duas variáveis que auxiliam a quantificação do potencial poluidor dos efluentes industriais. (CETESB,2010).

As faixas de concentração para a DBO variam de 3 a 5 mg L⁻¹ (BRASIL,2005) e para a DQO tem-se o limite de 20 mg L⁻¹. (MACHADO, BECEGATO, BITTENCOURT, CABRAL,2009).

Observou-se que nas campanhas realizadas em 2009 e 2010, que o parâmetro **DBO** aparece com valores de concentração elevado no período seco nos pontos P1, P2, P4 em janeiro de 2009, nos pontos P1, P2, P3, P5 e P6 em novembro de 2009 e no período chuvoso os pontos P1, P2 e P5. Nas campanhas realizadas em 2010 aparece com valores de concentração elevado no período seco para o ponto P2 em janeiro e no período chuvoso os pontos P1, P2, P3 e P4 em maio e P2 em agosto; sendo o maior valor de concentração entre as duas campanhas de 32,80 mgL⁻¹ no ponto P2, no rio Sergipe no município de N.S. das Dores em agosto de 2010 e o menor valor de concentração de 0,500 mgL⁻¹ no ponto P6, no rio Poxim, no município de São Cristovão, no período chuvoso de maio e agosto de 2009 e no período seco em janeiro de 2010.

Verificou-se também nas campanhas realizadas em 2009 e 2010 um aumento significativo da **DQO** em função da **DBO** nos pontos P1, P2 e P5, tanto no período seco como no período chuvoso; sendo o maior valor de concentração entre as duas campanhas de 73,00 mgL⁻¹ no ponto P1 rio Sergipe município de Feira Nova no período seco em janeiro de 2010 e o menor valor de concentração de 1,0 mgL⁻¹ no ponto P4 no riacho Pucabi município de Malhador, em agosto de 2009. Em todos os pontos tem-se o aporte de esgotos domésticos,

esgotos industriais, uso e ocupação do solo com a pecuária e as áreas urbanas nas adjacências destes pontos.

Observou-se que nas campanhas realizadas em 2009 e 2010 encontrou uma concentração de valores elevados para **coliformes termotolerantes e totais** no período seco e no período chuvoso nos pontos P3,P4,P5 e P6; sendo o maior valor encontrado para **coliformes totais** de 540.000,00 NMP100 mL⁻¹ no ponto P3, rio Jacarecica, no município de Moita Bonita em maio de 2009, durante o período chuvoso e o menor valor encontrado de concentração para coliformes totais de 48,00 NMP100 mL⁻¹ no ponto P6, rio Poxim no município de São Cristóvão em novembro de 2010 período seco; para os coliformes termotolerantes temos o maior valor encontrado de concentração de 22.000,00 NMP100 mL⁻¹ no ponto P4, riacho Pucabi no município de Malhador em maio de 2009, durante o período chuvoso e o menor valor encontrado de concentração para coliformes termotolerantes foi de 13,00 NMP100 mL⁻¹ no ponto P1, rio Sergipe no município de Feira Nova em novembro de 2010 período seco. Os pontos destacados recebem grade aporte de esgoto bruto provenientes de lançamento doméstico e do escoamento superficial das áreas destinadas a pecuária.

Em um trabalho desenvolvido para avaliar a qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul, os autores verificaram que os dados mostraram que o Rio São Lourenço está sofrendo impacto em sua qualidade, principalmente através da entrada de esgoto doméstico, pela alta concentração de coliformes encontrada. Os resultados obtidos apontam a água do Rio São Lourenço como um fator de risco à saúde humana, uma vez que, no grupo de micro-organismos avaliados, são encontrados agentes infecciosos envolvidos em enfermidades como diarreia e infecções urinárias. (VASCONCELLOS, IGANCI, RIBEIRO,2006).

7.5. Metais

Os metais são elementos presentes na água, alguns benefícios a saúde humana, e a biota aquática, sua forma de deposição na água acontece pelo lançamento de efluentes industriais e lixiviação de áreas de mineração. (LIBÂNIO,2010).

Os valores das concentrações encontrados nas campanhas de coleta realizadas em 2009 e 2010, estão nas Tabelas **11 e 12**.

Tabela 11 – Concentração de Metais na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe.
Campanhas realizadas no período entre Março a Novembro/ 2009.

Pontos de Coleta	Cu (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	Fe (mg L ⁻¹)	Cr (mg L ⁻¹)	Ni (mg L ⁻¹)	Pb (mg L ⁻¹)	Zn (mg L ⁻¹)
Primeira Campanha – Março /2009 (Seco)							
1P-1	0,02	0,15	1,80	<0,010	<0,010	0,02	<0,010
1P-2	<0,010	0,06	0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
1P-4	0,01	0,03	0,13	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
1P-5	0,02	<0,010	0,53	<0,010	<0,010	<0,010	0,02
1P-6	<0,010	<0,010	0,19	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Segunda Campanha – Maio/ 2009 (Chuvoso)							
2P-1	0,03	0,03	0,02	<0,010	<0,010	<0,010	0,03
2P-2	0,03	0,02	0,07	0,06	<0,010	<0,010	0,03
2P-3	0,02	0,01	1,04	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
2P-4	0,01	0,01	0,63	<0,010	<0,010	0,01	0,01
2P-5	<0,010	0,03	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
2P-6	0,01	0,01	0,55	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
Terceira Campanha- Agosto/2009 (Chuvoso)							
3P-1	0,01	0,02	0,12	<0,010	<0,010	0,01	<0,010
3P-2	0,02	0,03	0,04	<0,010	<0,010	0,03	0,01
3P-3	<0,010	0,02	1,21	<0,010	<0,010	0,01	0,01
3P-4	0,02	0,02	0,39	<0,010	<0,010	0,02	<0,010
3P-5	0,01	0,02	0,06	<0,010	0,06	0,02	0,02
3P-6	0,02	<0,010	0,30	<0,010	<0,010	0,02	<0,010
Quarta Campanha-Novembro/2009 (Seco)							
4P-1	0,03	0,01	0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
4P-2	<0,010	0,38	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
4P-3	<0,010	0,05	0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
4P-4	<0,010	0,02	0,06	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
4P-5	0,07	<0,010	0,13	0,09	<0,010	<0,010	<0,010
4P-6	0,07	<0,010	0,14	0,28	<0,010	<0,010	<0,010
Média	0,02	0,04	0,31	0,02	0,00	0,01	0,01
Desvio Padrão	0,02	0,08	0,45	0,06	0,01	0,01	0,01

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA,2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

Tabela 12 – Concentração de Metais na água na bacia hidrográfica do rio Sergipe
Campanhas realizadas no período entre janeiro a novembro/2010.

Pontos de Coleta	Cu (mg L ⁻¹)	Mn (mg L ⁻¹)	Fe (mg L ⁻¹)	Cr (mg L ⁻¹)	Ni (mg L ⁻¹)	Pb (mg L ⁻¹)	Zn (mg L ⁻¹)
Primeira Campanha – Janeiro /2010 (Seco)							
5P-1	0,04	0,01	0,03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
5P-2	0,04	<0,010	0,02	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
5P-3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5P-4	0,04	0,02	0,08	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
5P-5	<0,010	0,04	0,14	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
5P-6	0,00	0,01	0,33	<0,010	<0,010	<0,010	0,01
Segunda Campanha – Maio/2010 (Chuvoso)							
6P-1	<0,010	0,02	0,18	<0,010	<0,010	<0,010	0,02
6P-2	<0,010	0,03	0,05	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
6P-3	<0,010	0,03	1,87	<0,010	<0,010	<0,010	0,02
6P-4	<0,010	0,04	0,26	<0,010	<0,010	<0,010	0,00
6P-5	0,01	0,07	0,17	<0,010	<0,010	<0,010	0,03
6P-6	0,01	0,14	0,36	<0,010	<0,010	<0,010	0,03
Terceira Campanha – Agosto/2010 (Chuvoso)							
7P-1	0,05	0,02	0,02	0,08	0,09	0,05	0,02
7P-2	0,05	0,02	0,01	0,08	0,09	0,05	0,02
7P-3	0,05	0,03	0,72	0,08	0,09	0,05	0,02
7P-4	0,05	0,04	0,11	0,08	0,09	0,05	0,02
7P-5	0,05	0,05	0,26	0,08	0,09	0,05	0,02
7P-6	0,05	0,02	0,21	0,08	0,09	0,05	0,02
Quarta Campanha – Novembro/2010 (Seco)							
8P-1	0,05	0,02	<0,010	0,08	0,09	0,05	0,02
8P-2	0,05	0,02	0,02	0,08	0,09	0,05	0,02
8P-3	0,05	0,02	<0,010	0,08	0,09	0,05	0,03
8P-4	0,05	0,02	<0,010	0,08	0,09	0,05	0,02
8P-5	0,05	0,02	0,02	0,08	0,09	0,05	0,02
8P-6	0,05	0,02	0,02	0,08	0,09	0,05	0,02
Média	0,03	0,03	0,20	0,04	0,05	0,03	0,01
Desvio Padrão	0,02	0,03	0,39	0,04	0,05	0,03	0,01

Fonte: MARQUES, 2010. SILVEIRA, 2014

NA – não analisado – rio seco neste período.

<0,010 – valor menor que o limite de detecção.

A resolução nº: 357/2005 do CONAMA, informa que os valores máximos para os metais são: Cu 0,009 mg L⁻¹, Mn 0,1 mg L⁻¹, Fe 0,3 mg L⁻¹, Cr 0,05 mg L⁻¹, Ni 0,025 mg L⁻¹, Pb 0,01 mg L⁻¹ e Zn 0,18 mg L⁻¹. (BRASIL,2005).

Nas campanhas de coleta realizadas em 2009 e 2010 somente a concentração variável **Fe** apresentou valores elevados no período seco e no período chuvoso sendo o maior valor de concentração encontrado de 1,86 mg L⁻¹ no ponto P3, rio Jacarecica município de Moita Bonita em maio de 2010 período chuvoso e o menor valor de concentração encontrado de 0,02 mg L⁻¹ nos pontos P2, rio Sergipe município de Feira Nova em maio de 2009, maio de 2010 e novembro de 2010 período seco; P5 rio Cotinguiba município de N. S. do Socorro em novembro de 2010 período seco e P6 rio Poxim, município de São Cristóvão em novembro de 2010 período seco; os demais parâmetros analisados foram encontrados valores de concentração de acordo com o valor máximo permitido pela resolução nº: 357/2005 do CONAMA e alguns valores não foram detectados ou apresentaram valores muito baixos de concentração e não foram lidos pelo método e técnica de análise adotado.

Em estudo desenvolvido para analisar e avaliar as fontes de metais tóxicos na água do rio Changjiang na China, os autores mostraram que as maiores concentrações de Al, Fe, Co, Cu e na água do rio apareceu nas regiões a montante, onde quase não houve influência das atividades antropogênicas. Ao mesmo tempo, os estudos mostraram que a bacia Changjiang foi caracterizada por elementos do grupo Fe e Cu grupo com teores de Fe, Ni, Sc, Cu, Co, Pb, Zn elevados. (QIAO, YANG, PAN e GUO, 2007) (WANG, WANG, XU, NA, WANG 2011).

7.6. Análise multivariada de dados integrada das campanhas

Observando apenas os valores encontrados e dispostos nas Tabelas, não é fácil determinar a situação da qualidade da água na bacia hidrográfica, e sua relação com os pontos de coleta. É necessário, portanto a aplicação da análise multivariada de dados, que é a forma estatística de combinar as informações obtidas através dos resultados das obtidos após as análises do material coletado nos pontos escolhidos para este trabalho e para indicarmos um diagnostico da situação atual da qualidade das aguas na bacia hidrográfica do rio Sergipe.

Esta analise foi feita utilizando as técnicas multivariadas de dados e a e análise de correlação de matriz, análise de componentes principais (PCA) e análise agrupamento

hierárquico (HCA), para verificar a tendência de similaridade entre os valores encontrados, compará-los com os valores mínimos que cada parâmetro deve ter de acordo com legislação vigente para qualidade de água em uma bacia hidrográfica.

Osman, Saim, Juahir, Abdullah, (2012) verificaram a aplicação da abordagem quimiométrica, a variação espacial da composição química da água e identificação das fontes de poluição no rio Langat, Malásia os autores citam que Osman, Saim, Juahir, Abdullah, (2012) afirmam que a PCA é um estudo exploratório, multivariado, e que a técnica de análise estatística que pode ser utilizada para examinar a variabilidade dos dados e encontrar as melhores formas de combinar variáveis em um pequeno número de subconjuntos. A PCA tenta explicar a variância de um conjunto grande de variáveis correlacionadas, transformando-os em um conjunto menor de variáveis independentes, e reduzir a complexidade dos dados em componentes principais. (SINGH, MALIK, MOHAN, SINHA,2004,2005) (LIM, ARIS, PRAVEENA, 2012).

7.6.1. Análise de correlação

A matriz de correlação possibilita a escolha das variáveis mais significativas que possuem papel destacado na interpretação na proposta do trabalho, na decomposição da matriz de correlação baseada nas interrelações existentes entre os dados originais, pode-se reduzir a dimensão do espaço das variáveis observadas num espaço de dimensão inferior representado pelos fatores comuns. (TOLEDO, NICOLELLA,2002).

Para este trabalho utilizamos o critério de significância, que é uma das propriedades mais importantes de um método analítico, pois este que ele deve ser isento de erros sistemáticos, isto é, o valor calculado pelo método deve ser o valor real. Entretanto, erros aleatórios fazem com que o valor medido raramente seja exatamente igual ao valor real. Para decidir se a diferença entre o valor medido e o valor padrão pode ser atribuído a estes erros aleatórios, um teste estatístico, conhecido como teste de significância. Ao se fazer um teste de significância, deve-se testar a validade de uma hipótese conhecida como hipótese nula. (ARAÚJO,2013).

Para se ter maior certeza de se fazer a escolha correta, um nível mais elevado de significância deve ser usado, usualmente 0,01 ou 0,001 (1% ou 0,1%). O nível de

significância é indicado por P (isto é, probabilidade) = 0,05, e dá a probabilidade de se rejeitar uma hipótese nula verdadeira. (ARAÚJO, 2013).

Foram elaboradas 05 (cinco) matrizes de correlações, dispostas da seguinte forma: todos os parâmetros estudados; metais; íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila; íons maiores, TOC e período seco; e íons maiores, TOC e período chuvoso e adotando o critério de significância de $P = 0,01$, estas matrizes estão apresentadas nas Tabelas 13,14,15,16 e 17 a seguir.

Tabela 13 – Matriz de correlação com parâmetros gerais.

	Turbidez (NTU)	Cor Aparente (Hz)	pH	Oxigênio Dissolvido (mgL^{-1})	Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	Dureza total ($\text{mg CaCO}_3\text{L}$)	Óleos e Graxas (mgL^{-1})	Alcalinidade Total (mgCaCO_3L)	Sólidos Dissolvidos Totais(mgL^{-1})
Turbidez (NTU)	1,00								
Cor Aparente(Hz)	0,22	1,00							
pH	0,00	0,10	1,00						
Oxigênio Dissolvido (mgL^{-1})	-0,29	0,07	0,67	1,00					
Condutividade ($\mu\text{S/cm}$)	-0,25	-0,13	0,20	0,02	1,00				
Dureza total($\text{mg CaCO}_3\text{L}$)	0,33	-0,00	0,06	-0,07	0,14	1,00			
Óleos e Graxas(mgL^{-1})	-0,04	-0,08	0,14	0,08	0,11	-0,07	1,00		
Alcalinidade Total (mgCaCO_3L)	-0,32	-0,02	0,59	0,54	0,43	0,19	0,03	1,00	
Sólidos Dissolvidos Totais(mgL^{-1})	-0,24	-0,12	0,19	0,02	0,99	0,14	0,10	0,43	1,00

Fonte: SILVEIRA,2014

Observou-se que das 09 variáveis analisadas, 05 mostraram significância na definição do modelo para a análise de correlação. Os dados extraídos da matriz de correlação possibilitaram, a identificação da associação das variáveis de maior significado para este estudo. As correlações entre as 09 variáveis são consideradas também importantes na definição da qualidade da água estão apresentadas na **Tabela 13**. Um total de 09 coeficientes se destacaram, mas as correlações fortes aconteceram, com os coeficientes onde $R=1,00$ entre as variáveis empregadas, pode-se observar que há uma correlação muito forte e positiva entre as variáveis sólidos totais dissolvidos e condutividade ($r= 0,99$). (ANDRADE, ARAÚJO, ROSA, DISNEY, ALVES, ,2007).

A significativa correlação entre os sólidos totais, dissolvidos, condutividade, íons maiores e metais foi decorrente da influência de atividades antropogênicas na área de toda a bacia hidrográfica, com lançamento de efluentes industriais, agropecuário e doméstico.

No trabalho desenvolvido por ANDRADE, ARAÚJO, ROSA, DISNEY, ALVES, (2007) para selecionar os indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada, os fatores antropogênicos e naturais determinam a qualidade destas águas. Para os autores dois fatores se destacaram, os sólidos em suspensão e a composição dos nutrientes associados aos esgotos sanitários, as áreas agrícolas e a outras fontes de poluição difusa.

Tabela 14 – Matriz de correlação dos metais.

Variáveis	Cu (mgL ⁻¹)	Mn (mgL ⁻¹)	Fe (mgL ⁻¹)	Cr (mgL ⁻¹)	Ni (mgL ⁻¹)	Pb (mgL ⁻¹)	Zn (mgL ⁻¹)
Cu (mgL ⁻¹)	1,00						
Mn (mgL ⁻¹)	-0,22	1,00					
Fe (mgL ⁻¹)	-0,22	0,10	1,00				
Cr (mgL ⁻¹)	0,81	-0,15	-0,19	1,00			
Ni (mgL ⁻¹)	0,68	-0,10	-0,21	0,59	1,00		
Pb (mgL ⁻¹)	0,65	-0,08	-0,12	0,55	0,95	1,00	
Zn (mgL ⁻¹)	0,27	-0,02	-0,01	0,20	0,49	0,42	1,00

Fonte: SILVEIRA,2014

Na correlação entre os metais observou-se que das 07 variáveis analisadas, 03 mostraram significância na definição do modelo para a análise de correlação. Os dados extraídos da matriz de correlação possibilitaram a identificação da associação das variáveis de maior significado para este estudo. Estas também são variáveis importantes na definição da qualidade da água estão apresentadas na **Tabela 14**. Um total de 06 (seis) coeficientes se destacaram e todos foram superiores a 0,5. Pode-se observar que há uma correlação muito forte e positiva entre as variáveis cobre **Cu** e cromo **Cr** ($r=0,81$) e uma correlação muito forte entre as variáveis entre níquel **Ni** e chumbo **Pb** ($r=0,95$).

Sabe-se que, indústrias que produzem derivados da cana-de-açúcar, indústrias produtoras de cimento e outras atividades industriais diversas, estão instaladas próximo aos pontos onde coletamos as amostras para análise. Portanto a correlação entre os metais é decorrente da influência de atividades industriais na bacia hidrográfica, indicando o lançamento de seus efluentes sem tratamento e do escoamento superficial de fertilizantes e adubos utilizados nestas áreas para o plantio de cana-de-açúcar e outras culturas comercializadas pelos municípios produtores na bacia. (ALVES, GARCIA, 2006).

Em trabalho desenvolvido para avaliação dos índices de qualidade da água e dos elementos químicos na água e nos sedimentos do rio Corumbataí (São Paulo), FALQUETO (2008) comparou seus resultados com os resultados obtidos por ZAMBETTA (2006) e verificou o aumento do acúmulo de metais.

Tabela 15 - Matriz de correlação dos íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a.

Variáveis	Clorofila (ugL)	Fósforo Total	Nitrogênio Total (mg N/L)	Nitrogênio Amoniacal N - NH ³	TOC (mg L ⁻¹)	Na ⁺ (mg L ⁻¹)	K ⁺ (mg L ⁻¹)	Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	NO ₂ (mg L ⁻¹)	NO ₃ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)
Clorofila (ugL)	1,00													
Fósforo Total	0,16	1,00												
Nitrogênio Total (mg N/L)	0,06	0,55	1,00											
Nitrogênio Amoniacal N - NH ³	-0,03	0,39	0,19	1,00										
TOC (mg L ⁻¹)	0,16	0,27	0,32	0,08	1,00									
Na ⁺ (mg L ⁻¹)	-0,02	0,02	-0,03	-0,18	0,14	1,00								
K ⁺ (mg L ⁻¹)	-0,05	0,08	-0,12	-0,10	0,15	0,93	1,00							
Mg ²⁺ (mg L ⁻¹)	0,01	0,01	0,03	-0,14	0,20	0,86	0,81	1,00						
Ca ²⁺ (mg L ⁻¹)	0,07	0,00	0,09	-0,12	0,25	0,61	0,47	0,81	1,00					
Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	0,02	0,03	0,01	-0,19	0,18	0,98	0,87	0,88	0,71	1,00				
NO ₂ (mg L ⁻¹)	-0,07	0,02	0,31	-0,03	-0,14	-0,05	-0,14	-0,13	-0,14	-0,06	1,00			
NO ₃ (mg L ⁻¹)	0,03	-0,02	0,15	-0,17	-0,03	0,19	0,09	0,20	0,28	0,25	0,28	1,00		
SO ₄ ²⁻ (mg L ⁻¹)	-0,04	0,07	-0,13	-0,14	0,18	0,95	0,98	0,82	0,55	0,92	-0,12	0,14	1,00	
PO ₄ ³⁻ (mg L ⁻¹)	-0,13	-0,07	-0,01	-0,07	-0,08	-0,07	-0,07	-0,09	-0,08	-0,08	-0,08	-0,02	-0,07	1,00

Fonte: SILVEIRA,2014

Na correlação entre os íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a, observa-se que dos 14 parâmetros avaliados, 04 mostraram significância na definição do modelo para a análise de correlação. Os dados extraídos da matriz de correlação possibilitaram a identificação da associação das variáveis de maior significado para este estudo. Estas também são variáveis importantes na definição da dureza na qualidade da água estão apresentadas na **Tabela 15**. Um total de 14 coeficientes se destacou e todos foram superiores a 0,5. Pode-se observar uma correlação forte e positiva entre as variáveis Na^+ e K^+ ($r=0,93$), Mg^{2+} ($r=0,86$), Cl^- ($r=0,98$) e SO_4^{2-} ($r=0,95$); uma correlação forte entre as variáveis K^+ e Mg^{2+} ($r=0,81$), Cl^- ($r=0,87$) e SO_4^{2-} ($r=0,98$); uma correlação forte entre as variáveis Mg^{2+} e Ca^{2+} ($r=0,81$), Cl^- ($r=0,88$) e SO_4^{2-} ($r=0,82$) e uma correlação forte entre as variáveis Cl^- e SO_4^{2-} ($r=0,92$).

Observa-se que as correlações que se destacam são entre os íons maiores, os elementos que se destacaram os íons Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Cl^- e SO_4^{2-} ; são os indicadores para verificar a salinidade e dureza da água, e estão diretamente relacionados entre si e com pH. Corpos d'água que recebem efluentes industriais estão propensos a apresentar valores elevados das variáveis que se destacam aqui, tem-se na área da bacia em estudo efluentes provenientes de indústria de cana-de-açúcar e fábricas de cimento.

No trabalho desenvolvido para avaliar os fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú (Ceará), os autores afirmam a correlação muito forte da condutividade elétrica com o sódio, o magnésio, o cálcio, a dureza e o cloreto era esperada, uma vez que a condutividade elétrica expressa a concentração dos sais na água. Resultados semelhantes foram encontrados por PALÁCIO (2004), ao estudar a variação temporal da composição das águas do aquífero aluvial do rio Trussu, na parte alta da bacia do Jaguaribe, Ceará. Já o elevado teor de nitrato, sulfato e fósforo nas águas não pode ser atribuído à geologia da bacia, uma vez que os mesmos não fazem parte da formação geológica local (DNOCS, 1977a). Ele acredita que as concentrações desses elementos sejam decorrentes das precárias condições de infra-estrutura de saneamento básico dos aglomerados urbanos e de atividades agropecuárias. (ANDRADE, ARAÚJO, ROSA, GOMES, LOBATO, 2007).

Tabela 16 - Matriz de correlação dos íons maiores e TOC - período seco. (2009/2010).

Variáveis	TOC (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)
TOC	1,00						
Na ⁺ (mgL)	0,02	1,00					
K ⁺ (mgL)	-0,09	0,92	1,00				
Mg ²⁺ (mgL)	0,20	0,91	0,88	1,00			
Ca ²⁺ (mgL)	0,39	0,69	0,56	0,78	1,00		
Cl ⁻ (mgL)	0,10	0,98	0,87	0,93	0,80	1,00	
SO ₄ ²⁻ (mgL)	-0,08	0,96	0,98	0,89	0,64	0,92	1,00

Fonte: SILVEIRA,2014.

Na correlação entre os íons maiores e TOC, no período seco 2009 e 2010, observou-se que dos 07 parâmetros avaliados, 05 mostraram significância na definição do modelo para a análise da componente principal. Os dados extraídos da matriz de correlação possibilitaram a identificação da associação das variáveis de maior significado para este estudo. São variáveis importantes na definição da qualidade da água estão apresentadas na **Tabela 16**. Um total de 15 coeficientes se destacaram, sendo superior a 0,5. Pode-se observar uma correlação forte e positiva entre os íons Na⁺ e K⁺ (r= 0,92), Mg²⁺ (r= 0,91), Cl⁻ (r= 0,98) e SO₄²⁻ (r= 0,96); uma correlação forte entre os íons K⁺ e Mg²⁺ (r= 0,88), Cl⁻ (r= 0,87) e SO₄²⁻ (r= 0,98); uma correlação forte entre os íons Mg²⁺ e Ca²⁺ (r=0,78), Cl⁻ (r= 0,93) e SO₄²⁻ (r= 0,89); uma correlação forte entre os íons Ca²⁺ e Cl⁻ (r= 0,80) e uma correlação forte entre os íons Cl⁻ e SO₄²⁻ (r= 0,92).

Tabela 17- Matriz de correlação dos íons maiores e TOC - período chuvoso (20009/2010).

Variáveis	TOC (mgL ⁻¹)	Na ⁺ (mgL ⁻¹)	K ⁺ (mgL ⁻¹)	Mg ²⁺ (mgL ⁻¹)	Ca ²⁺ (mgL ⁻¹)	Cl ⁻ (mgL ⁻¹)	SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)
TOC	1,00						
Na ⁺ (mgL)	0,62	1,00					
K ⁺ (mgL)	0,68	0,93	1,00				
Mg ²⁺ (mgL)	0,40	0,60	0,36	1,00			
Ca ²⁺ (mgL)	0,27	0,54	0,25	0,96	1,00		
Cl ⁻ (mgL)	0,58	0,98	0,87	0,66	0,62	1,00	
SO ₄ ²⁻ (mgL)	0,70	0,95	0,98	0,43	0,33	0,91	1,00

Fonte: SILVEIRA,2014.

Na correlação entre os íons maiores e TOC, no período chuvoso, assim como no período seco observou-se que 07 parâmetros foram avaliados, mas nesta situação 06 mostraram significância na definição do modelo para a da análise da componente principal.

Os dados extraídos da matriz de correlação possibilitaram a identificação da associação das variáveis de maior significado para este estudo e estão apresentadas na **tabela 17**. Um total de 16 coeficientes se destacaram, mas somente 14 foram superiores a 0,5.

Pode-se observar uma correlação forte e positiva entre os íons Na⁺, TOC e SO₄²⁻ (r= 0,70); uma correlação forte entre os íons Na⁺ e Cl⁻ (r= 0,98) Na⁺ e SO₄²⁻ (r= 0,95); uma correlação forte entre os íons K⁺ e Cl⁻ (r= 0,87) K⁺ e SO₄²⁻ (r= 0,98); uma correlação muito forte entre os íons Mg²⁺ e Ca²⁺ (r=0,96) e uma correlação muito forte entre os íons Cl⁻ (r= 0,93) e SO₄²⁻ (r= 0,91).

A sazonalidade é importante para avaliarmos as condições da qualidade da água, de acordo com o período seco ou chuvoso, esta pode alterar suas características, pois além das interferências das ações antropogênicas, também recebe interferências das ações naturais. Observa-se que no período seco o TOC não se correlaciona com nenhum íon maior, já no período chuvoso este se correlaciona com os parâmetros Na⁺, K⁺, Cl⁻ e SO₄²⁻, sendo que com esta ultima faz uma ligação forte. Pode-se também verificar que no período chuvoso há uma mudança das correlações do K⁺, que estabelece ligação com o Cl⁻ e o SO₄²⁻, quando no período seco além destes íons, também estabelece ligações com o Mg²⁺ e Ca²⁺; estas variações são diretamente proporcionais aos períodos analisados.

No trabalho semelhante, a este, foi realizado na micro bacia do rio Catolé em Itapetinga município de Bahia. Os dados apresentaram correlação positiva alta entre as variáveis: condutividade elétrica, sólidos totais dissolvidos e salinidade nos períodos seco e total, quando uma variável muda a outra é influenciada diretamente, alcançando correlação linear perfeita positiva no período chuvoso entre as três variáveis. (BARRETO, ROCHA, OLIVEIRA, CABRAL, 2009).

7.6.2. Análise de componentes principais (PCA)

Como já citado anteriormente, Osman, Saim, Juahir, Abdullah, (2012) afirmam que PCA é uma técnica multivariada de dados, de estudo exploratório e estatístico, que pode ser usada para examinar a variabilidade dos dados. É uma técnica empregada para encontrar as melhores formas de combinação de variáveis em um pequeno número de subconjuntos. A PCA explica a variação de um grande conjunto de variáveis intercorrelacionados, transformando-os num conjunto menor de variáveis independentes e reduz a complexidade de dados em componentes principais. (SINGH, MALIK, MOHAN, SINHA, 2004) (SINGH, MALIK, MOHAN, SINHA, 2005) (LIM, ARIS, PRAVEENA, 2012).

Diversos trabalhos sobre qualidade de água utilizam a análise componentes principais para realizar esta avaliação. O estudo sobre as características hidroquímicas das águas de minas abandonadas na Sérvia e seu impacto na qualidade da água de superfície, sendo os pesos significativos das componentes principais foram consideradas para aquelas variáveis cujo valor absoluto é maior do que $|0,4|$. Diversas variáveis se destacam com altos valores em relação a cada componente principal, de modo que as variáveis poderiam ser distribuídas em quatro grupos, com base em sua similaridade, para facilitar a interpretação e o estudo sobre a química das águas subterrâneas (ATANACKOVIĆ, DRAGIŠIĆ, STOJKOVIĆ, PAPIĆ, ŽIVANOVIĆ, 2013). Utilizando técnica de estatística multivariada para o estudo da contaminação na Korba, sistema confinado de aquíferos em Cap-Bon (Nordeste da Tunísia). No presente estudo, as técnicas de análise multivariada foram utilizadas, para determinar se as amostras poderiam ser agrupadas em hidroquímica, em diferentes grupos que podem ser significativos na hidrogeologia do contexto. Alguns estudos usaram estas técnicas para classificar amostras de água com sucesso. (YIDANA, 2010; DAVIS, 1984; BELLON, MOSSER, ROQUIN, PARDO, 1994.; MUDRY E BLAVOUX, 1986; JAYAKUMAR E

SIRAZ, 1997; SILVA-FILHO, SOBRAL BARCELLOS, EMBLANCH, BLAVOUX, SELLA, DANIEL, SIMLER, WASSERMAN, 2009; RUIZ, GOMIS, BLASCO, 1990.; VAN HELVOORT, FILZMOSE, VAN GAANS, 2005). (ZGHIBI, MERZOUGUI, ZOUHRI, TARHOUNI, 2012).

7.6.2.1 PCA - Parâmetros gerais

Inicialmente trabalhou-se com a matriz formada por todo o conjunto de parâmetros avaliados, 48 coletas e 34 variáveis, que compreende todos os parâmetros utilizados nas análises deste trabalho. Os dados foram tratados estatisticamente utilizando a média e o desvio padrão, para então realizar-se a aplicação da análise de componentes principais. Verificou-se que, com quatro primeiros componentes principais (PC) conseguiu-se um percentual de variância cumulativa de 54,05%, ou seja, nas quatro PC tem-se mais de 50% de um total de 100% das informações. Onde a primeira componente (PC 1) explicou 23,01% da variação dos dados, a segunda componente (PC 2) explicou 13,00% da variação, a terceira componente (PC 3) explicou 10,30% da variação e a quarta componente (PC 4) explicou 7,74% da variação dos dados, sendo que na PC1 tem destacadas a maioria das variáveis sendo o maior relacionado a condutividade e sólidos dissolvidos totais. As componentes principais PC 2 e PC 4 ambas têm uma variável comum que foi o OD. PC 3 tendo como variável com maior valor de significância o nitrogênio total.

Na Tabela 18 pode-se observar os pesos de cada PC para todo o conjunto de variáveis analisadas.

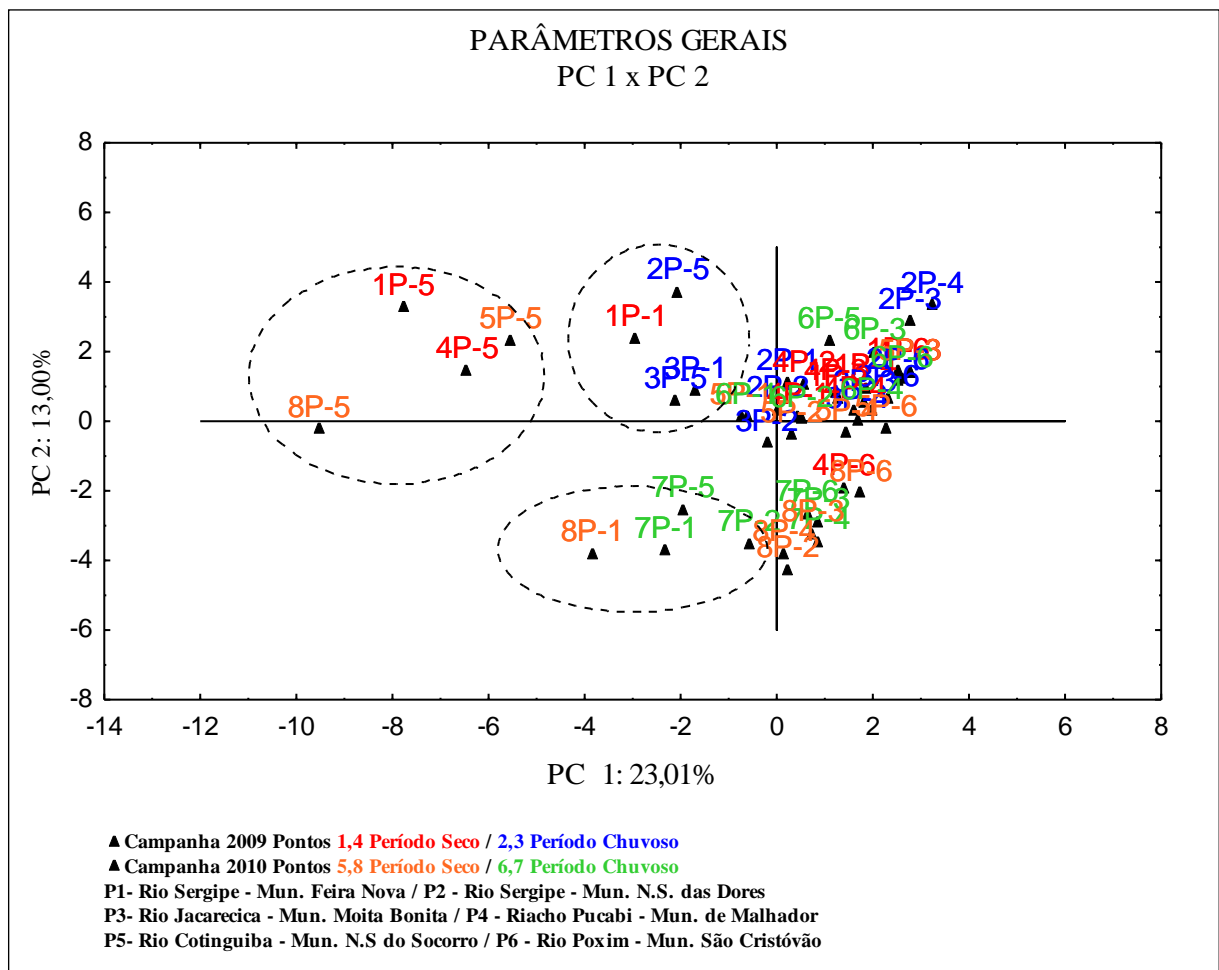
Tabela 18 – Valores de pesos das quatro componentes principais para parâmetros gerais.

VARIÁVEIS	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
DBO(mgL ⁻¹)	-0,14	0,10	0,18	-0,49
DQO(mgL ⁻¹)	-0,13	-0,15	0,22	-0,67
Coliformes Totais(NMP/100mL ⁻¹)	0,14	0,25	0,49	0,07
Coliformes Termotolerantes (NMP/100mL ⁻¹)	0,16	0,28	0,36	0,10
Turbidez (NTU)	0,36	0,40	0,60	0,34
Cor Aparente(Hz)	0,14	-0,16	0,41	0,06
pH	-0,30	-0,22	0,47	-0,52
Oxigênio Dissolvido(mgL ⁻¹)	-0,18	-0,53	0,17	-0,56
Condutividade (µS/cm)	-0,97	0,20	-0,01	0,09
Clorofila-a(µg L ⁻¹)	-0,03	-0,04	0,22	-0,25
Dureza total(mg CaCO ₃ /L ⁻¹)	-0,13	0,19	0,16	0,13
Óleos e Graxas (mgL ⁻¹)	-0,11	0,11	0,23	-0,15
Alcalinidade Total (mgCaCO ₃ L ⁻¹)	-0,56	-0,26	0,20	-0,52
Sólidos Dissolvidos Totais (mgL ⁻¹)	-0,96	0,20	-0,01	0,11
Fósforo Total (P mgL ⁻¹)	0,08	0,54	0,75	0,17
Nitrogênio Total(N mgL ⁻¹)	0,01	0,06	0,82	-0,08
Nitrogênio Amoniacal N - NH ₃ (mgL ⁻¹)	0,26	0,37	0,29	0,05
TOC(mgL ⁻¹)	-0,20	0,23	0,19	-0,18
Na ₊ (mgL ⁻¹)	-0,94	0,17	-0,02	0,18
K ₊ (mgL ⁻¹)	-0,87	0,27	-0,07	0,18
Mg ₂₊ (mgL ⁻¹)	-0,92	0,18	0,02	-0,05
Ca ₂₊ (mgL ⁻¹)	-0,75	0,15	0,05	-0,22
Cl(mgL ⁻¹)	-0,95	0,17	0,00	0,14
NO ₂ ⁻ (mgL ⁻¹)	0,04	-0,52	0,42	0,28
NO ₃ ⁻ (mgL ⁻¹)	-0,30	-0,26	0,20	0,05
SO ₄ ²⁻ (mgL ⁻¹)	-0,90	0,25	-0,07	0,22
PO ₄ ³⁻ (mgL ⁻¹)	0,09	0,02	-0,05	-0,17
Cu(mgL ⁻¹)	-0,34	-0,69	0,16	0,12
Mn(mgL ⁻¹)	0,01	0,13	0,01	-0,33
Fe(mgL ⁻¹)	0,10	0,34	0,47	0,01
Cr(mgL ⁻¹)	-0,18	-0,66	0,07	0,19
Ni(mgL ⁻¹)	-0,25	-0,82	0,21	0,31
Pb(mgL ⁻¹)	-0,23	-0,81	0,24	0,28
Zn(mgL ⁻¹)	-0,14	-0,31	0,42	0,39
Variância Total%	23,01	13,00	10,30	7,74
Variância Cumulativa %	23,01	36,01	46,31	54,05

Fonte: SILVEIRA,2014.

A partir das componentes principais foi gerado o gráfico com a disposição dos pontos no plano, de acordo com a variável que influencia na componente principal e estão apresentados nas Figuras **05, 06 e 07**.

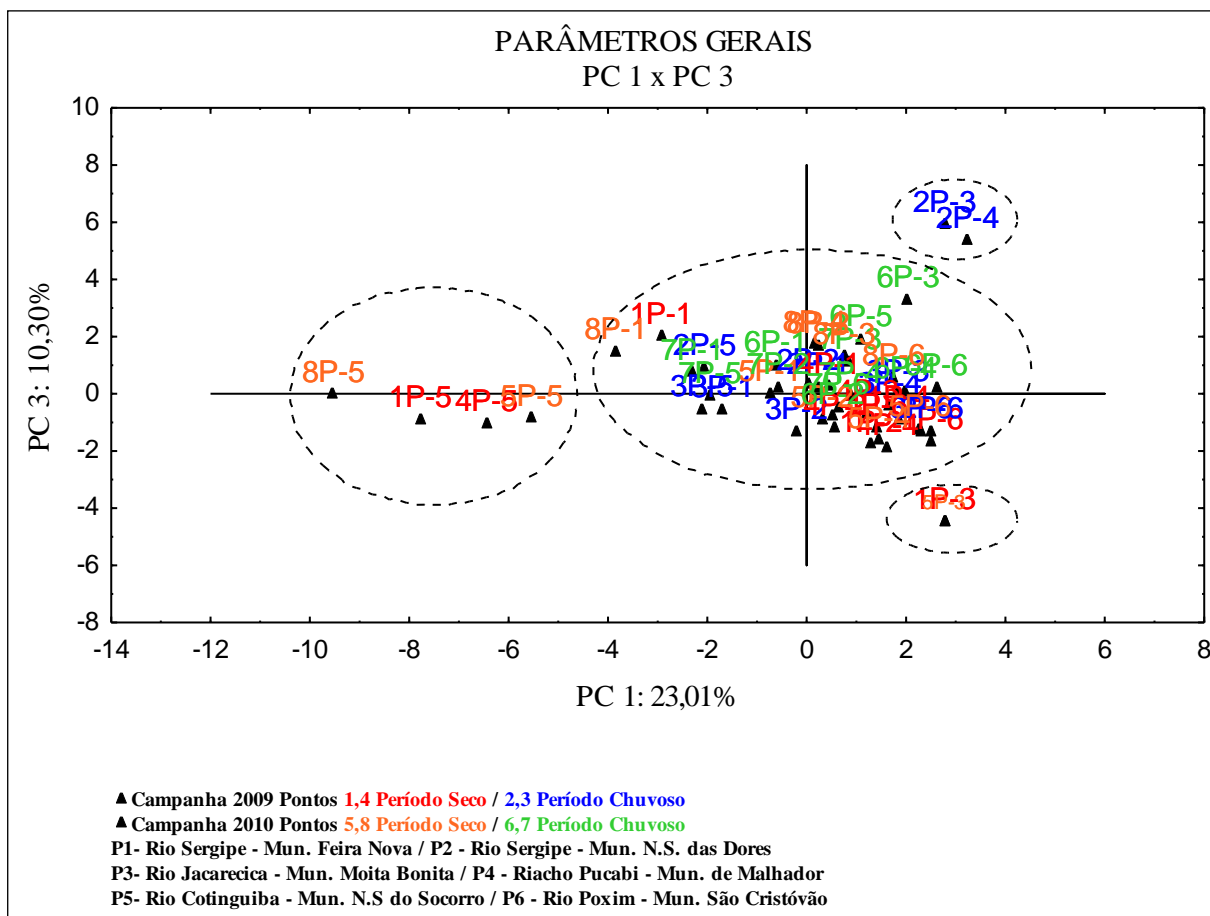
Figura 05 – Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC1 x PC2.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste primeiro gráfico pode-se observar a separação dos pontos P1 e P5 em três grupos. Observou-se que os pontos P1 e P5 se separam no agrupamento que contém os demais pontos, no período seco e no período chuvoso, em ambas as campanhas. O gráfico apresenta os pontos dispostos na primeira e segunda componentes principais. Na PC 1 tem-se a influência das variáveis, condutividade, alcalinidade total, sólidos dissolvidos totais, dos íons maiores: sódio, potássio, magnésio, cálcio e sulfato. Na PC 2 temos a influencia do oxigênio dissolvido, dos nutrientes: fósforo total e nitrato e dos metais: cobre, cromo, níquel e chumbo.

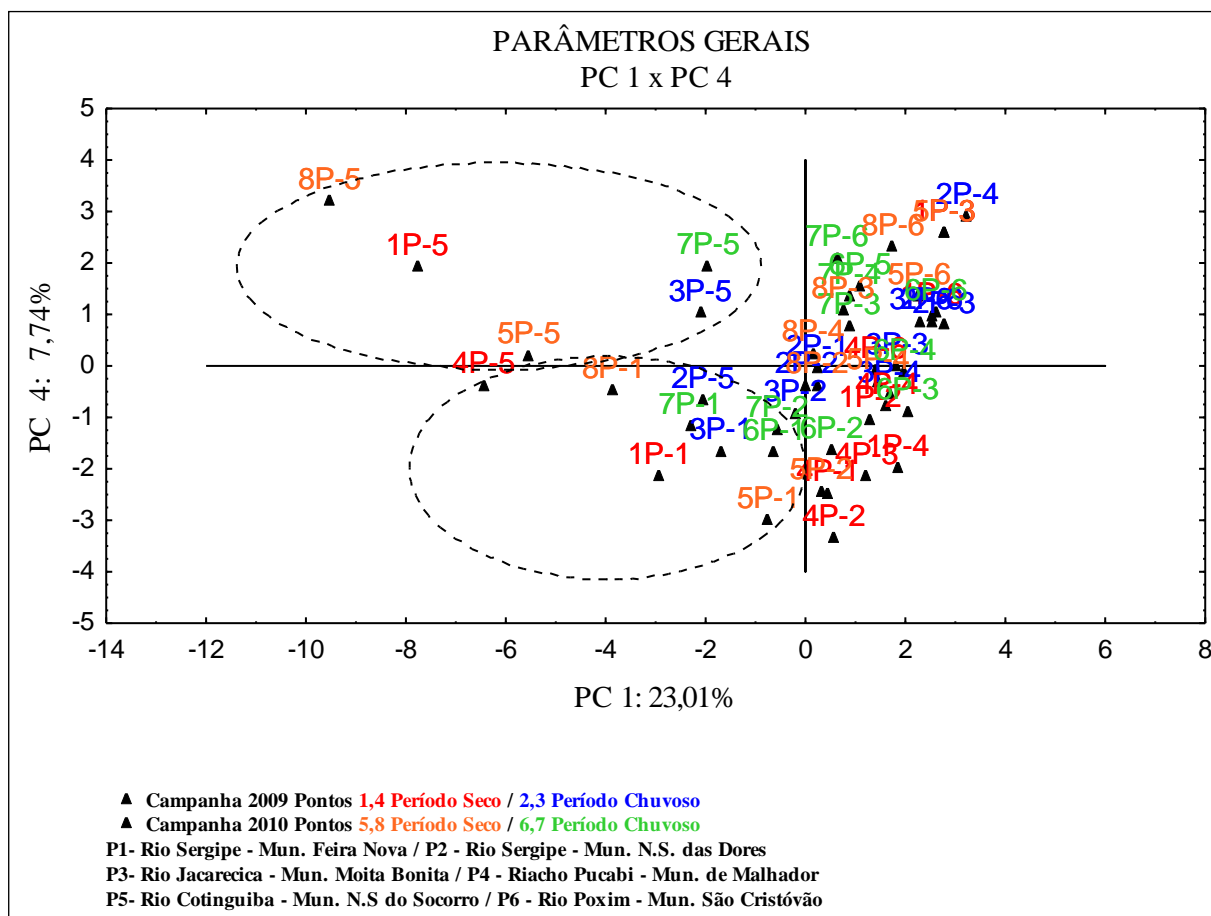
Figura 06 – Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC1 x PC3.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste segundo gráfico pode-se observar a separação dos pontos em quatro grupos. Observou-se que os pontos P1 e P5 se separam do agrupamento da que contém os demais pontos, no período seco e no período chuvoso, mas os pontos P3 e P4, também se separam do agrupamento no período chuvoso na campanha de 2009, P3 se separa do agrupamento no período seco nas campanhas de 2009 e 2010. O gráfico apresenta os pontos dispostos em relação às variáveis que interferem na primeira e segunda componente principal. Na PC 1 tem-se a influência das variáveis, condutividade, alcalinidade total, sólidos dissolvidos totais, os íons maiores: sódio, potássio, magnésio, cálcio e sulfato. Na PC 3 temos a influencia da turbidez e do nutriente nitrogênio total.

Figura 07 – Gráfico de valores de peso parâmetros gerais PC 1 x PC 4.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste terceiro gráfico, observou-se a separação dos pontos P1 e P5 em dois grupos. Observou-se que os pontos P1 e P5 se separam do agrupamento que contém os demais pontos, no período seco e no período chuvoso, em ambas as campanhas. O gráfico apresenta os pontos dispostos em relação as variáveis que interferem na primeira e quarta componente principal. Na PC 1 temos a influencia das variáveis, condutividade, alcalinidade total, sólidos dissolvidos totais, dos íons maiores: sódio, potássio, magnésio, cálcio e sulfato. Na PC 4 tem-se a influência da DQO, pH, OD e alcalinidade total.

Observou-se na Tabela 18 de escores que os valores das variáveis que se destacam para cada componente principal estão em vermelho, onde pode-se verificar os maiores valores para condutividade, sólidos dissolvidos totais, sódio, magnésio, cloreto, sulfato e nitrogênio total. Estas variáveis indicam que os pontos que separam no gráfico estão sob influencia de

áreas utilizadas pela agricultura e pecuária comercial, indústrias e aglomerados urbanos. No entorno dos rios, nestas regiões, onde P1 está sob influência da agricultura de subsistência; P3 e P4 estão na região agreste e sob a influência da agricultura comercial que exporta sua produção para as demais regiões do estado e P5, está sob a influência dos lançamentos de efluentes industriais e domésticos dos municípios de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro, onde está implantado um grande complexo habitacional e o distrito industrial da grande Aracaju.

7.6.2.2 PCA – Metais

Para a PCA dos metais neste trabalho utilizou-se a matriz formada por um conjunto de 07 variáveis analisadas em 48 coletas. Os dados foram tratados da mesma forma que foram tratados os parâmetros gerais. Na análise de componentes principais verificou-se que, com duas componentes principais conseguiu um percentual de variância cumulativa de 64,93%, ou seja, nas duas componentes principais tem-se mais de 50% das informações. Onde a PC1 explicou 48,73% da variação dos dados e a PC 2 explicou 16,20% da variação dos dados, sendo que na PC1 tem-se destacadas a maioria das variáveis, sendo os maiores valores de peso foi para as concentrações de cobre, cromo, níquel e chumbo e na componente principal PC 2 tem-se maiores valores de peso foi para as concentrações de manganês, conforme apresentados na Tabela 19.

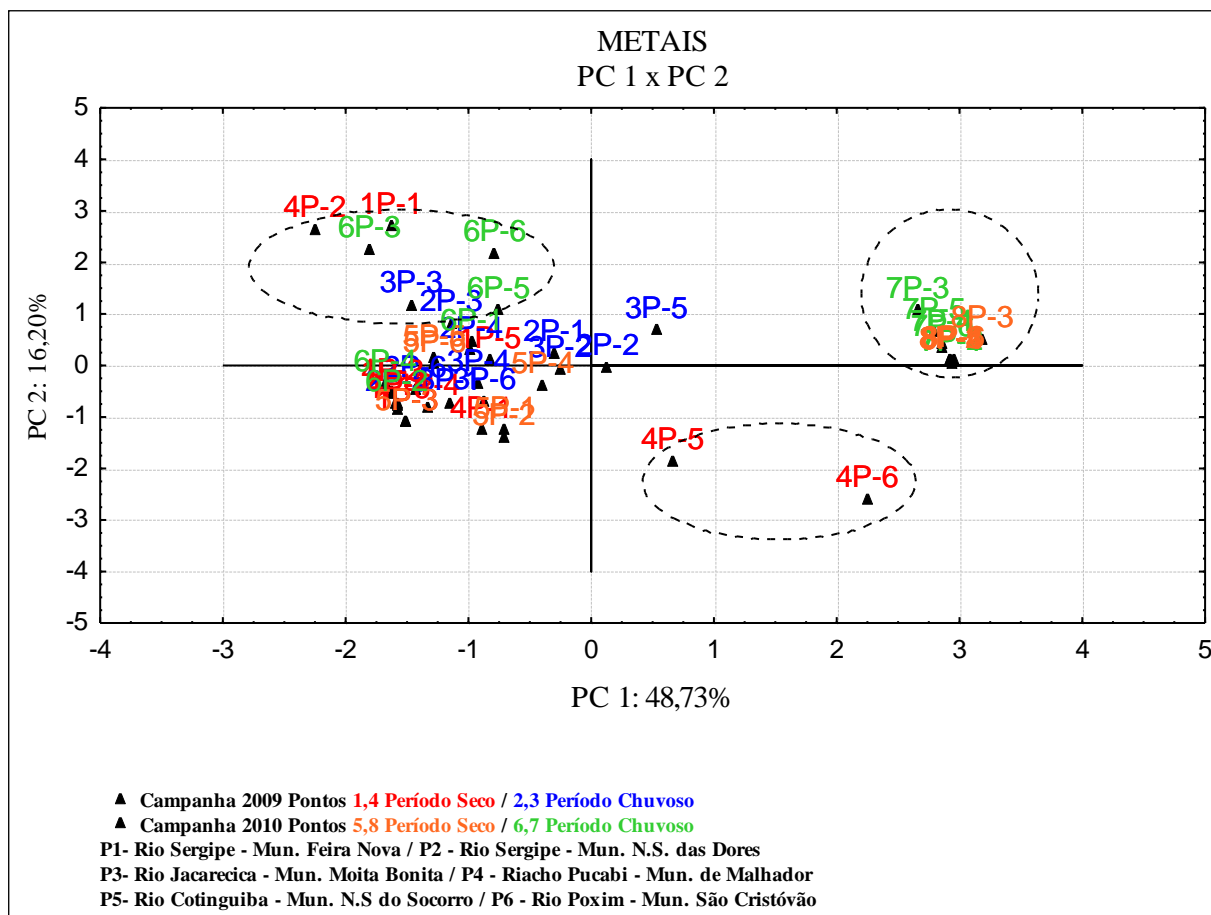
Tabela 19 – Valores de pesos das duas das componentes principais para os metais.

Variáveis	PC 1	PC 2
Cu	0,87	-0,20
Mn	-0,21	0,62
Fe	-0,28	0,56
Cr	0,80	-0,22
Ni	0,92	0,19
Pb	0,89	0,22
Zn	0,51	0,52
Variância Total%	48,73	16,20
Variância Cumulativa %	48,73	64,93

Fonte: SILVEIRA,2014.

A partir das componentes principais foi gerado o gráfico com a disposição dos pontos no plano de acordo com as variáveis que influenciam na primeira e segunda componente principal apresentado na Figura 08.

Figura 08 – Gráfico de valores de peso metais PC 1 x PC 2.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste gráfico pode-se observar a separação dos pontos em três grupos. Observou-se que os pontos P1, P2, P3, P5 e P6 se separam do agrupamento que contém os demais pontos. Os pontos P1, P2, P5 e P6 se separam na campanha de 2009 no período seco e P3 se separa na campanha 2010 no período chuvoso e seco. O gráfico apresenta os pontos dispostos em relação as variáveis que interferem na primeira e segunda componente principal, na PC 1 com a influência dos metais Cu,Cr,Ni,Pb e Zn e na PC 2 com a influência dos metais Mn, Fe e Zn.

Estes pontos estão sob a influência de áreas de agricultura comercial, indústrias e aglomerados urbanos, onde temos em seus efluentes com concentrações de metais principalmente dos componentes utilizados pela agricultura e indústria.

7.6.2.3 PCA - Íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a

Para PCA dos íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a neste trabalho utilizou-se a matriz formada por um conjunto de 14 parâmetros avaliados em 48 coletas. Os dados foram tratados da mesma forma que os parâmetros gerais. Na análise de componentes principais verificou-se que, com as três primeiras componentes principais conseguiu-se um percentual de variância cumulativa de 62,47%, ou seja, nas três componentes principais tem-se mais de 50% das informações. Onde a primeira componente explicou 37,43% da variação dos dados, a segunda componente 2 explica 14,46% e a terceira componente explicou 10,57% da variação dos dados. Na PC1 tem-se destacadas a maioria das variáveis sendo a de maior peso foi a concentração de sódio, potássio, manganês, cálcio, cloreto e sulfato. Na PC 2 tem-se o maior valor de peso o fósforo total e nitrogênio total, e na PC 3 tem-se o maior valor de peso relacionados para o nitrito e o nitrato. Com os valores obtidos destas variáveis, nestas três componentes principais, indicam a presença de efluentes industriais proveniente da indústria canavieira e de efluentes domésticos. Os valores dos pesos estão apresentados na Tabela 20.

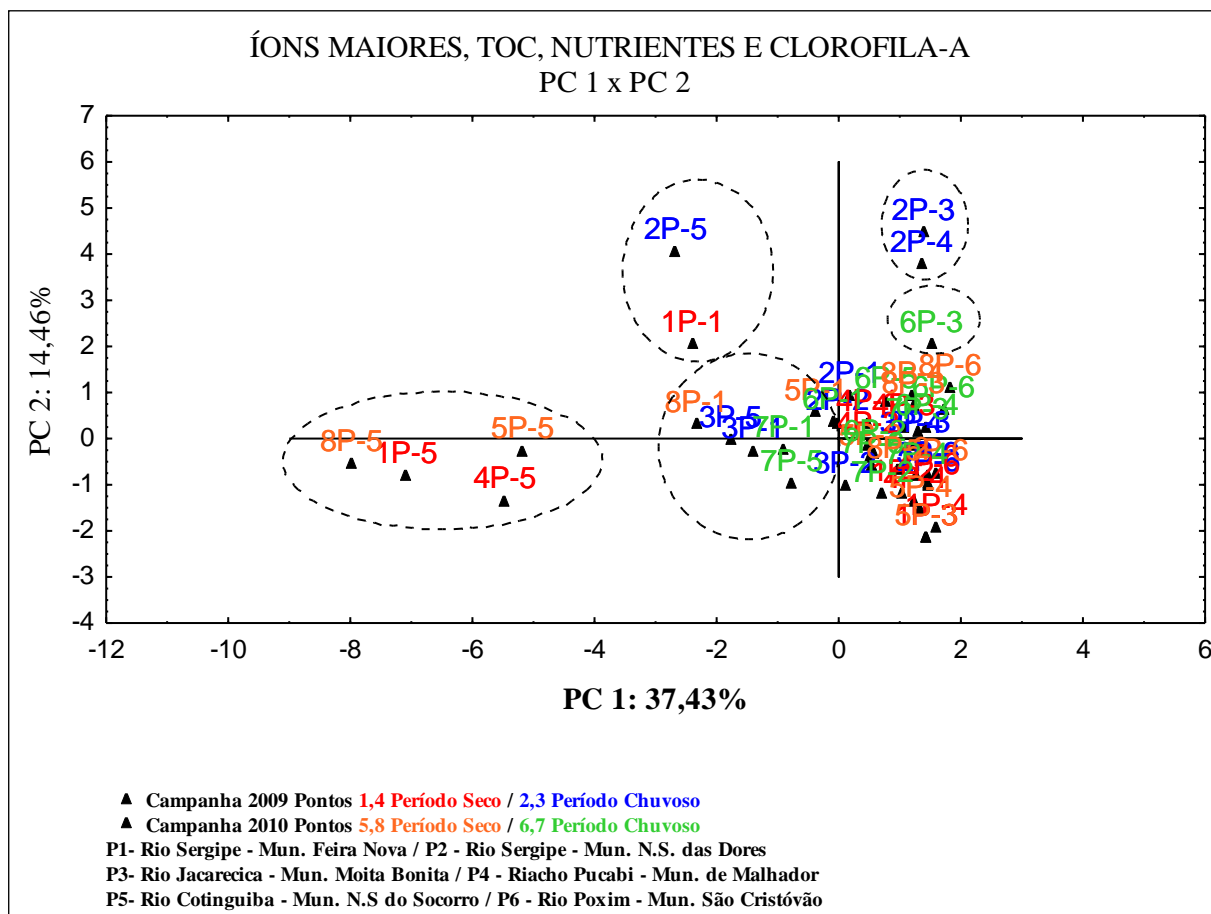
Tabela 20 – Valores de pesos das três componentes principais para íons maiores, TOC, nutrientes e Clorofila-a.

Variáveis	PC 1	PC 2	PC 3
Clorofila-a	-0,01	0,27	0,10
Fósforo Total	-0,04	0,82	0,15
Nitrogênio Total	0,02	0,81	-0,30
Nitrogênio Amoniacal N-NH3	0,19	0,50	0,35
TOC	-0,24	0,54	0,26
Na ₊	-0,97	-0,05	-0,02
K ₊	-0,92	-0,06	0,14
Mg ₂₊	-0,93	0,02	-0,01
Ca ₂₊	-0,75	0,10	-0,08
Cl	-0,98	0,00	-0,06
NO ₂ ⁻	0,13	0,18	-0,77
NO ₃ ⁻	-0,24	0,07	-0,73
SO ₄ ²⁻	-0,95	-0,06	0,10
PO ₄ ³⁻	0,10	-0,19	0,01
Variância Total%	37,43	14,46	10,57
Variância Cumulativa %	37,43	51,90	62,47

Fonte: SILVEIRA,2014.

A partir das componentes principais foi gerado o gráfico com a disposição dos pontos no plano, de acordo com a variável que influencia na componente principal e apresentado nas Figuras 09 e 10.

Figura 09 – Gráfico de valores de peso íons maiores, TOC, nutrientes e Clorofila-a.
PC 1 x PC 2.

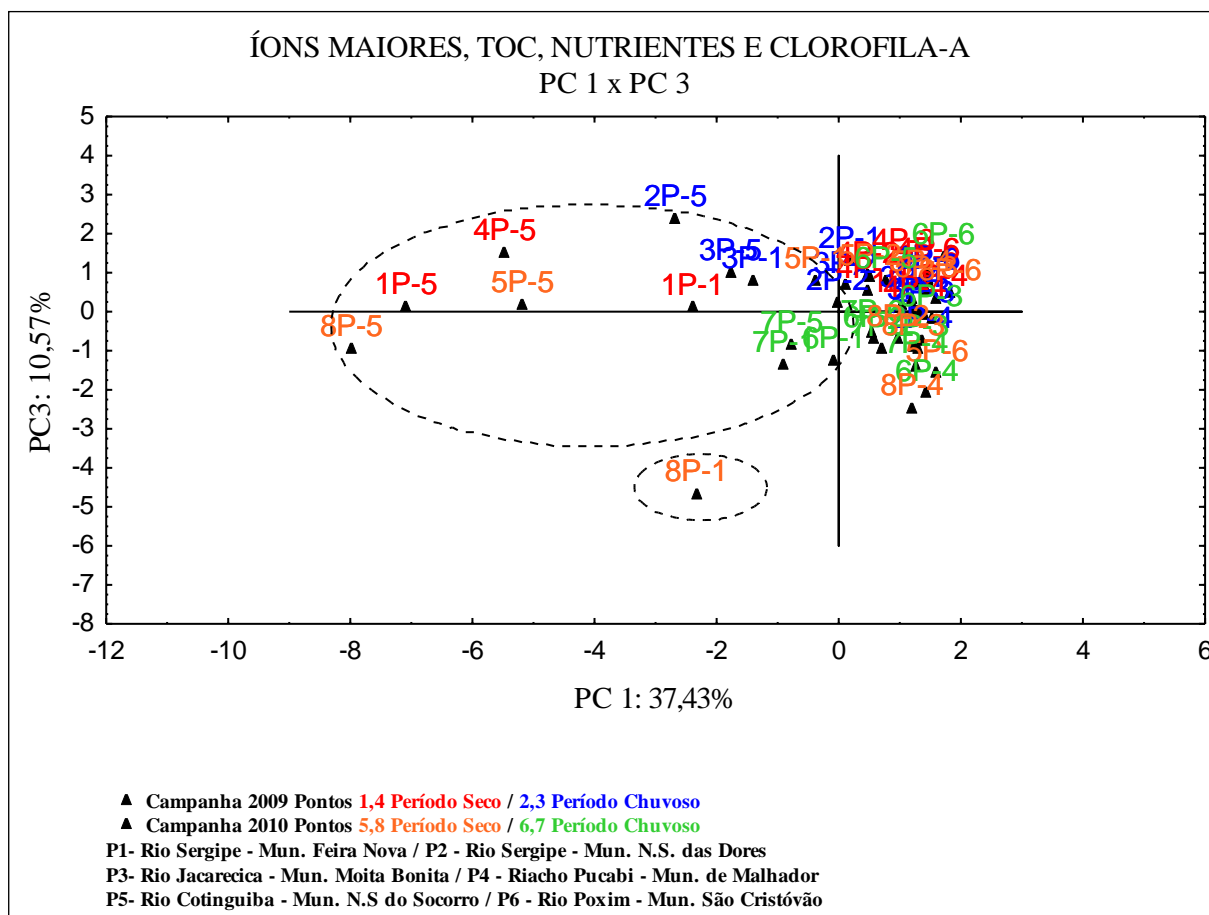


Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste primeiro gráfico pode-se observar a separação dos pontos em cinco grupos. Observa-se que os pontos P1, P3, P4 e P5 se separam do agrupamento que contém os demais pontos. Os pontos P1 e P5 se separam nas campanhas de 2009 e 2010, no período seco e chuvoso e P3 se separa na campanha 2009 no período chuvoso. O gráfico apresenta os pontos dispostos em relação às variáveis fósforo total, nitrogênio total e os íons maiores, que se destacam na primeira e segunda componente principal, indicando o aporte de lançamento de efluentes oriundos da produção de cana –de açúcar e do lançamento de esgoto doméstico sem

tratamento, que ocorre nos municípios de Freira Nova, Malhador, Moita Bonita e N. S do Socorro.

Figura 10 – Gráfico de valores de peso íons maiores, TOC, nutrientes e Clorofila-a.
PC 1 x PC 3.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste segundo gráfico podemos observar a separação dos pontos em dois grupos. Observa-se que os pontos P1 e P5 se separam do agrupamento que contém os demais pontos, nas campanhas de 2009 e 2010 no período seco e chuvoso formando um grupo, que está sob a influência da PC 2 e PC 3. Nestas destaca-se os maiores valores para o fósforo total, nitrogênio total, nitrato e nitrito. Estas variáveis são características de lançamento de efluentes industriais e domésticos. Ao longo da bacia tem-se a indústria que beneficia a cana-de-açúcar produzindo álcool combustível, açúcar e seus derivados como o vinhoto, que foi utilizado como fertilizante para preparar as terras que irão receber o plantio para a próxima safra da cana-de-açúcar.

7.6.2.4 PCA - Íons maiores e TOC - período seco

Para análise dos íons maiores e TOC no período seco neste trabalho, utilizou-se a matriz formada por um conjunto de 07 parâmetros avaliados em 24 coletas. Os dados foram tratados da mesma forma que foram tratados os parâmetros gerais. Na análise de componentes principais verificou-se que, com duas componentes principais consegue-se um percentual de variância cumulativa de 92,97%, ou seja, nas duas componentes principais tem-se quase 100% das informações. A primeira componente PC1 explicou sozinha 75,32 % da variação dos dados e a segunda componente PC 2 explicou 17,65 % da variação dos dados; sendo que na PC1 tem-se destacadas a maioria das variáveis sendo as de maior valor de peso sódio, potássio, manganês, cálcio, cloreto e sulfato, na componente principal PC 2 tem-se o maior valor para TOC, conforme apresentados na Tabela 21.

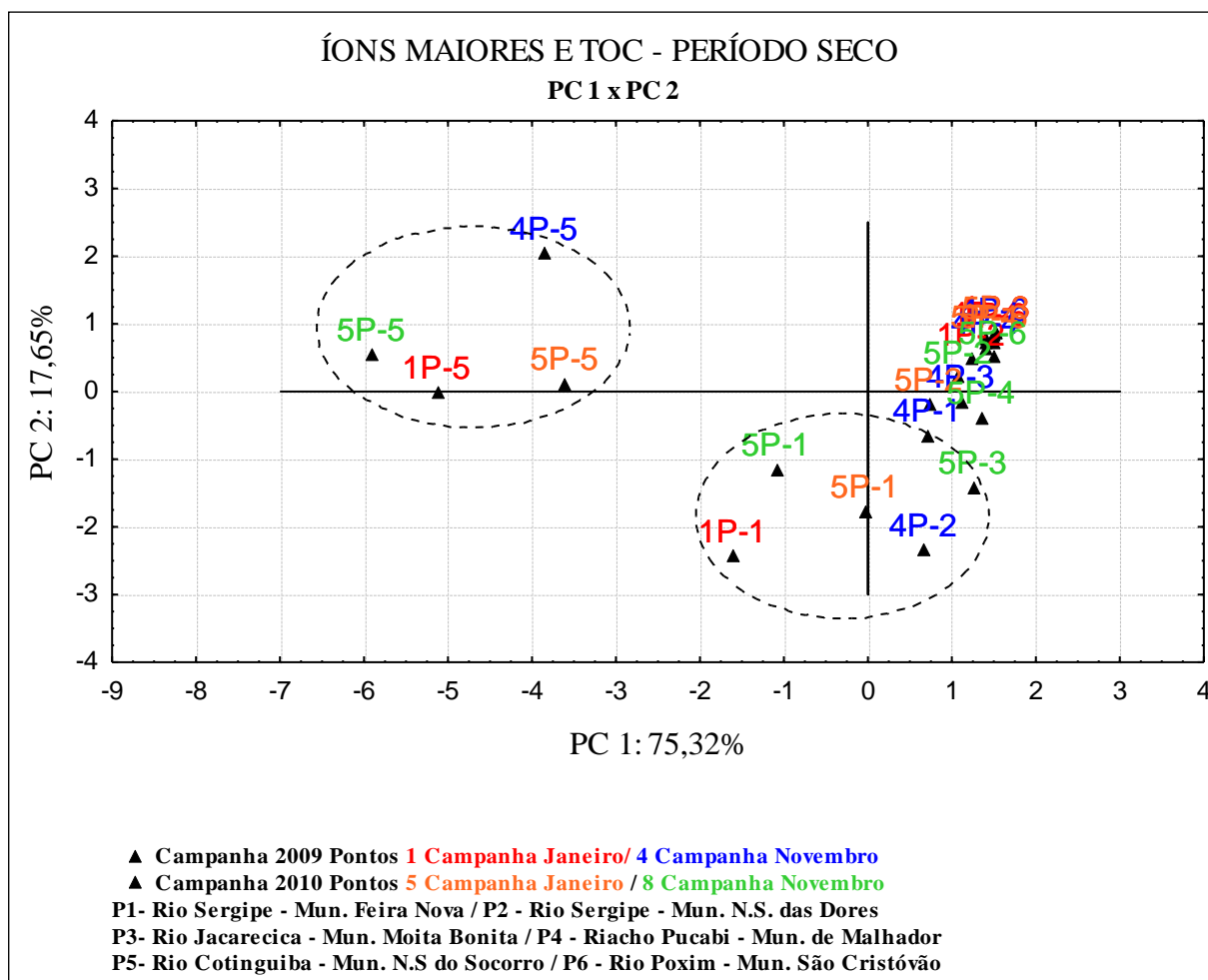
Tabela 21 – Valores de pesos das duas componentes principais íons maiores e TOC – Período seco

Variáveis	PC 1	PC 2
TOC	-0,11	-0,96
Na ⁺	-0,98	0,11
K ⁺	-0,93	0,25
Mg ²⁺	-0,96	-0,09
Ca ²⁺	-0,79	-0,43
Cl ⁻	-0,98	-0,01
SO ₄ ²⁻	-0,96	0,22
Variância Total%	75,32	17,65
Variância Cumulativa %	75,32	92,97

Fonte: SILVEIRA,2014.

A partir das componentes principais foi gerado o gráfico com a disposição dos pontos no plano de acordo com a variável que influencia na componente principal e apresentado na Figura 11.

Figura 11 – Gráfico de valores de peso íons maiores e TOC – Período seco. PC 1 x PC 2.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste gráfico pode-se observar a separação dos pontos em dois grupos. Observou-se que os pontos P1, P2, P3 e P5 se separam do agrupamento que contém os demais pontos, nas campanhas de 2009 e 2010 no período seco, formando um grupo, sob a influência da PC 1 e outro sob a influência de PC 2. O uso do solo ao longo da área da bacia dá-se pela atividade da indústria canavieira produzindo álcool combustível, açúcar e seus derivados, pela agricultura comercial que utiliza fertilizantes para o preparo da terra e as indústrias produtoras de cimento que utilizam muitas matérias-primas à base de metais e substâncias químicas formadas a partir dos íons maiores. Todas estas atividades interferem diretamente na qualidade da água da bacia hidrográfica do rio Sergipe, com o lançamento de seus efluentes, com a lixiviação do solo e a percolação que ocorre nos solos que são utilizados para as atividades mencionadas.

7.6.2.5 PCA Íons maiores e TOC - período Chuvoso

Para análise dos íons maiores e TOC no período chuvoso neste trabalho utilizou-se a matriz formada por um conjunto de 07 parâmetros avaliados em 24 coletas. Os dados foram tratados da mesma forma que os parâmetros gerais. Na análise de componentes principais verificou-se que, com duas componentes principais conseguiu-se um percentual de variância cumulativa de 91,27%, ou seja nas duas primeiras componentes principais tem-se quase 100% das informações, onde a primeira componente PC1 explicou sozinha 71,23 % da variação dos dados e a segunda componente PC 2 explicou 20,04 % da variação dos dados; sendo que na PC1 temos destacadas todas as variáveis da matriz o que só por esta componente principal já se consegue explicar a influencia destas variáveis sobre os pontos de coleta. Estes valores estão apresentados na Tabela 22.

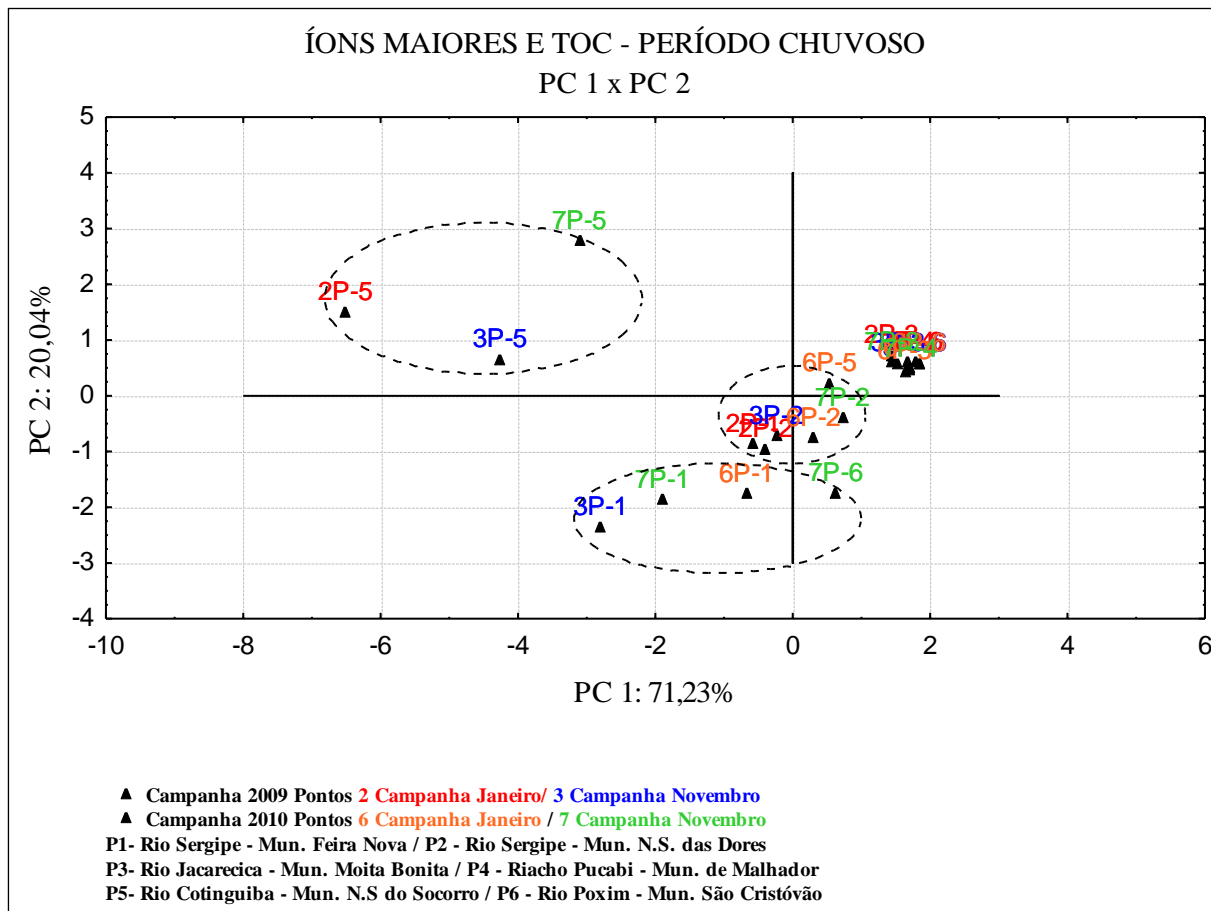
Tabela 22 – Valores de pesos das duas componentes principais íons maiores e TOC – Período Chuvoso

Variáveis	PC 1	PC 2
TOC	-0,72	0,25
Na ⁺	-0,97	0,11
K ⁺	-0,90	0,41
Mg ²⁺	-0,71	-0,68
Ca ²⁺	-0,63	-0,77
Cl ⁻	-0,97	-0,00
SO ₄ ²⁻	-0,93	0,34
Variância Total%	71,23	20,04
Variância Cumulativa %	75,23	91,27

Fonte: SILVEIRA,2014.

A partir das componentes principais foi gerado o gráfico com a disposição dos pontos no plano de acordo com a variável que influencia na componente principal e apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Gráfico de valores de peso íons maiores e TOC – Período chuvoso. PC 1 x PC 2.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste gráfico podemos observar a separação dos pontos em três grupos. Observa-se que os pontos P1, P2, P5 e P6 se separam do agrupamento que contém os demais pontos, nas campanhas de 2009 e 2010 no período seco e chuvoso, formando um grupo, sob a influencia da PC 1 e outro sob a influencia de PC 2. No período chuvoso há uma elevação da atividade de agricultura comercial e pecuária, pois nesta época do ano o clima está mais ameno favorecendo o aumento da produção destas atividades ao longo área da bacia; onde tem-se a agricultura de subsistência, a pecuário de suínos e bovinos, a agricultura comercial que utiliza fertilizantes para o preparo da terra, juntamente com estas atividades seguem neste período também, as indústrias produtoras de cimento e os aglomerados urbanos, que lançam seus efluentes industriais e domésticos nas águas dos rios que compõem a bacia hidrográfica do rio Sergipe.

7.6.3. Análise de agrupamento hierárquica – (HCA)

A análise de agrupamento hierárquica (HCA) é uma técnica de classificação de similaridade entre os dados. Existem diferentes técnicas de agrupamento, mas o agrupamento hierárquico é o mais amplamente aplicado em Ciências da Terra. (DAVIS, 1986)(CLOUTIER, LEFEBVRE, THERRIEN, SAVARD, 2007).

O método de ligação Ward é homogêneo e foi mais bem sucedido para formar grupos distintos de outros grupos, em comparação com outros métodos, tais como a média ponderada. O método de Ward é distinto de outras regras de ligação, pois utiliza uma análise de abordagem de variância para avaliar as distâncias entre os agrupamentos.. (STATSOFT INC., 2004). Outros estudos utilizaram o método de Ward como regra de ligação em sua análise de agrupamento (ADAR, ROSENTHAL, ISSAR, BATELAAN, 1992;. SCHOT E VAN DER WAL, 1992). (GULER, THYNE, MCCRAY, TURNER, 2002) e também descobriram que usando a distância Euclidiana como medida de distância e método de Ward como regra de ligação produziam os grupos mais distintos. (CLOUTIER, LEFEBVRE, THERRIEN, SAVARD, 2007).

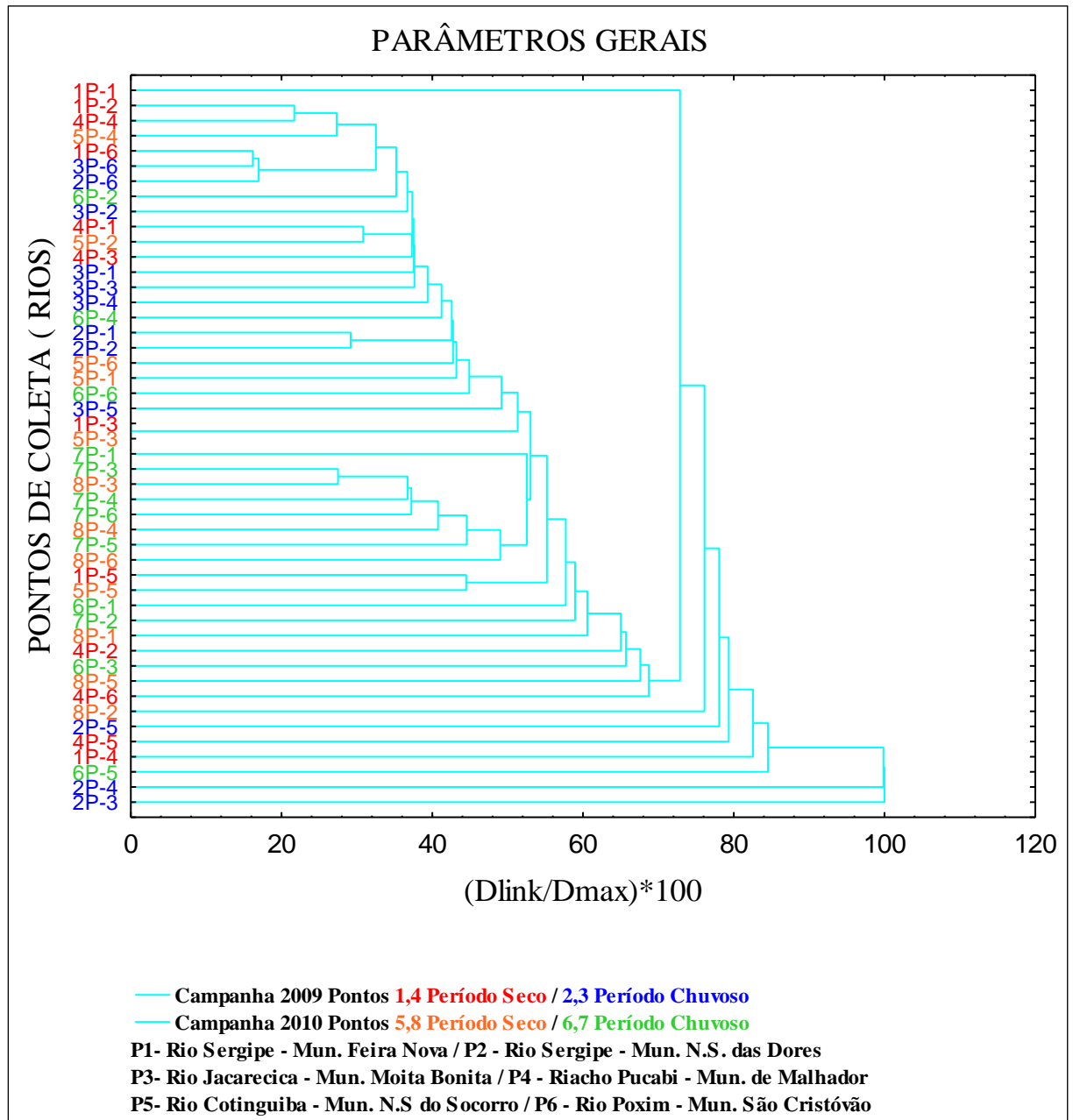
Diversos trabalhos sobre qualidade de água utilizam a análise componentes principais para realizar esta avaliação, pode-se citar aqui como exemplo o estudo para determinação dos processos que afetam a qualidade das águas subterrâneas no aquífero costeiro sob cidade de Puri, na Índia: uma abordagem estatística multivariada onde os autores aplicam as técnicas de análises multivariadas de dados como análise de agrupamento hierárquico (HCA) no conjunto de parâmetros coletados durante o pós-monsoão e as estações de verão, a fim analisar os processos hidrológicos e biogeoquímicos que afetam a qualidade da água do aquífero abaixo da cidade de Puri, no leste da Índia utilizado para abastecimento humano, verificou-se que tanto no período de monção quanto no período do pós-monsoão no verão, houve aumento da poluição antropogênica e redução da degradação da matéria orgânica (MOHAPATRA; VIJAY, PUJARI, SUNDARAY, MOHANTY, 2011).

7.6.3.1 HCA – Parâmetros gerais

Para analisar todos os parâmetros deste trabalho utilizando a técnica de análise hierárquica de agrupamento, utilizou-se a matriz com as 34 variáveis e 48 coletas e

rotacionada, sendo que esta matriz foi construída com os dados pré-processados utilizou-se a média e o desvio padrão para o auto escalonamento dos dados e foi aplicada a HCA na matriz de escores das quatro componentes principais, conforme pode-se observar na Figura de 13.

Figura 13 – Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - parâmetros gerais.



Fonte: SILVEIRA,2014.

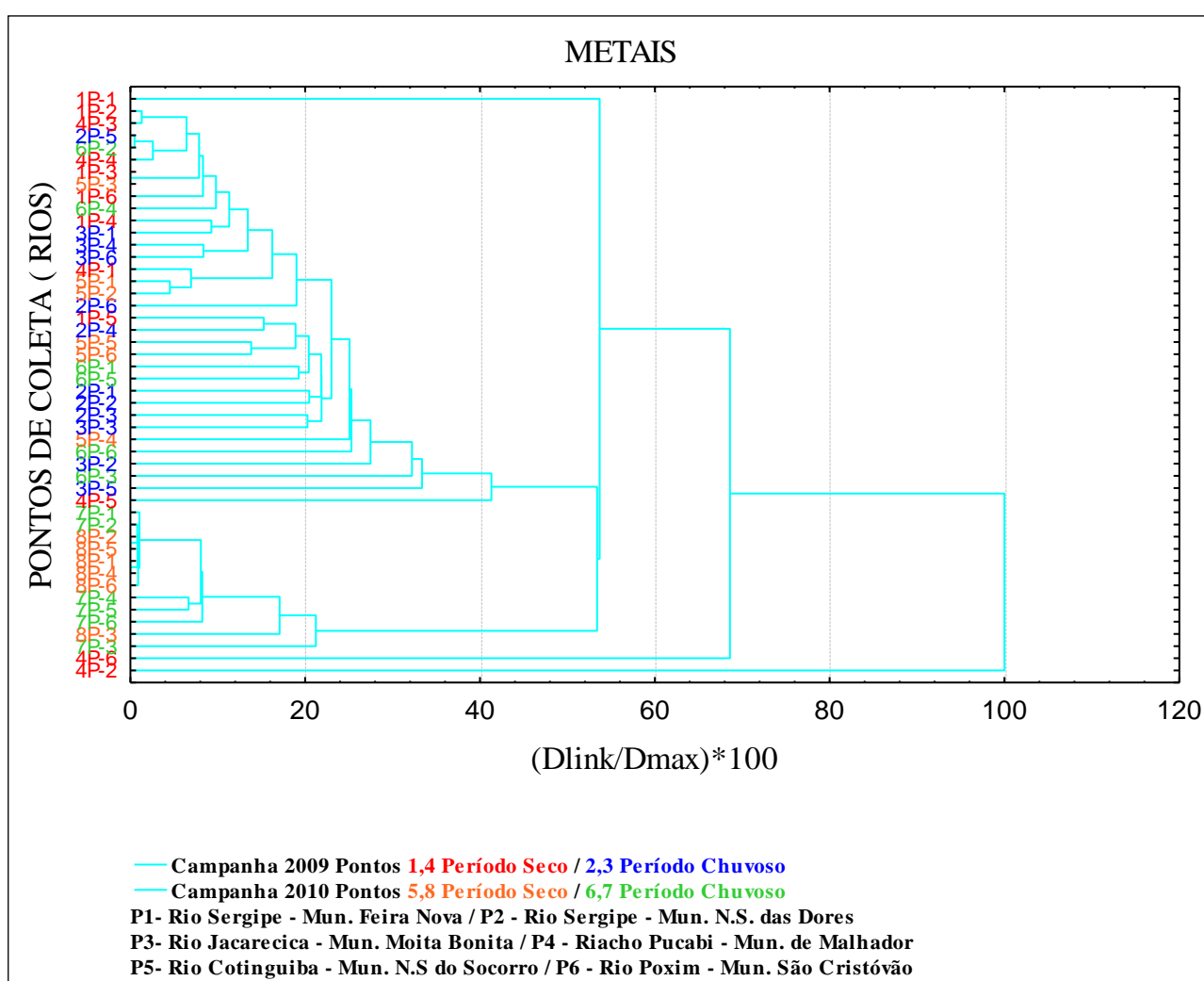
Neste Dendrograma, observou-se a formação dos grupos semelhantes aos apresentados na PCA. Os pontos P1 e P5 nas campanhas de 2009 e 2010, tanto no período seco como no período chuvoso; assim como na PCA, observou-se a similaridade entre os mesmos pontos se

separam no dendrograma formando um grande grupo sob a influencia das variáveis que estão em destaque que são os íons maiores, os metais, a condutividade e a alcalinidade.

7.6.3.2 HCA - Metais

Para aplicação do HCA nos metais neste trabalho, foi utilizada a matriz com os 07 parâmetros analisados em 48 coletas, conforme pode-se observar na Figura 14.

Figura 14 – Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - metais.



Fonte: SILVEIRA,2014.

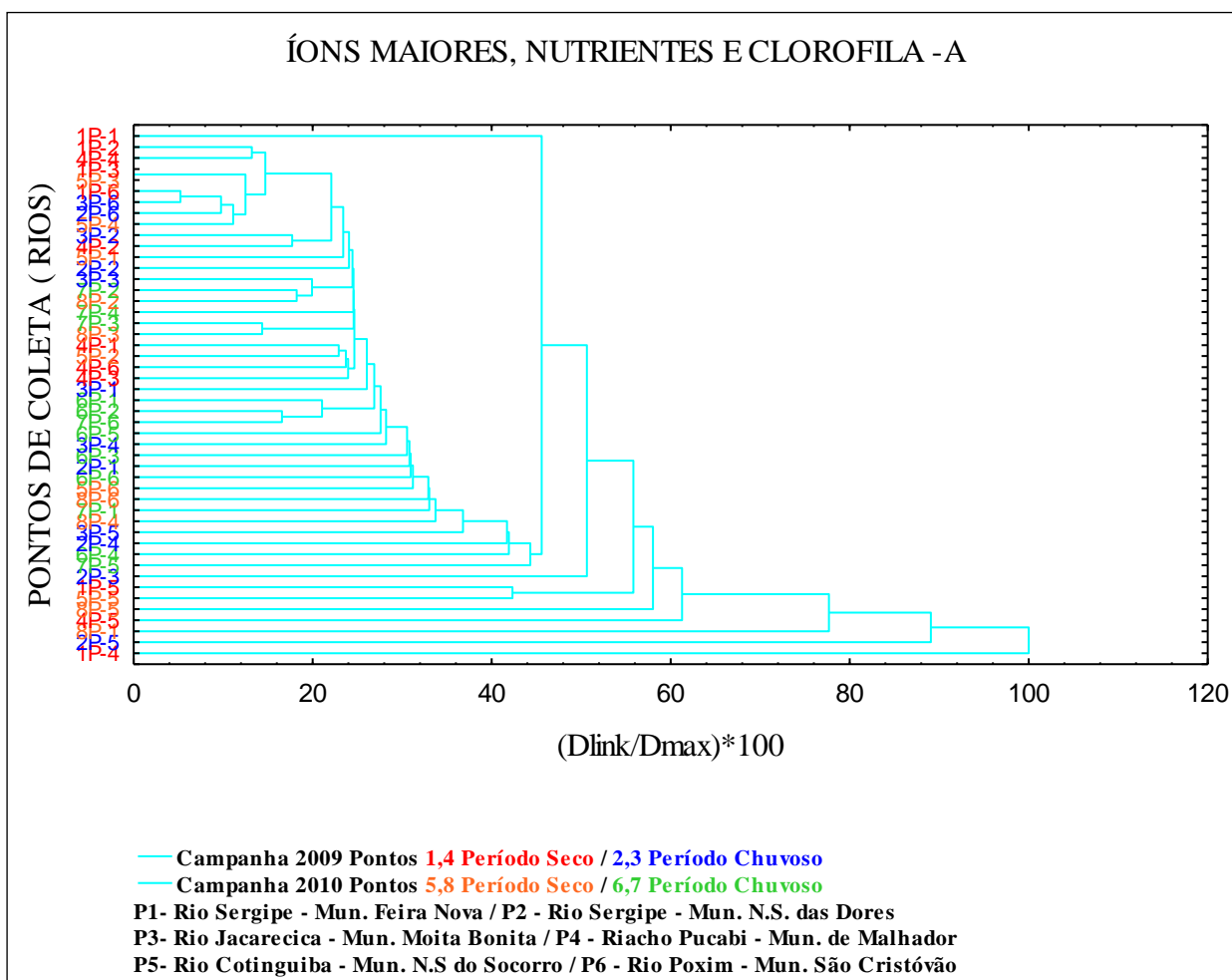
Observou-se a separação das amostras em três grupos, observou-se que um dos grupos é composto por outros grupos menores mostrando a correlação entre os parâmetros analisados, a similaridade entre os pontos e a influência das variáveis que estão em destaque

cobre, ferro, níquel e chumbo. Assim como ocorreu na análise da PCA onde observou-se que os mesmos pontos que se separam no gráfico de PCA se separam no dendrograma.

7.6.3.3 HCA - Íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a

Para analisar os metais neste trabalho utilizando a técnica de análise hierárquica de agrupamento, utilizamos a matriz com as 07 variáveis e 48 coletas e rotacionada, conforme pode-se observar na Figura 15.

Figura 15 – Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila-a.



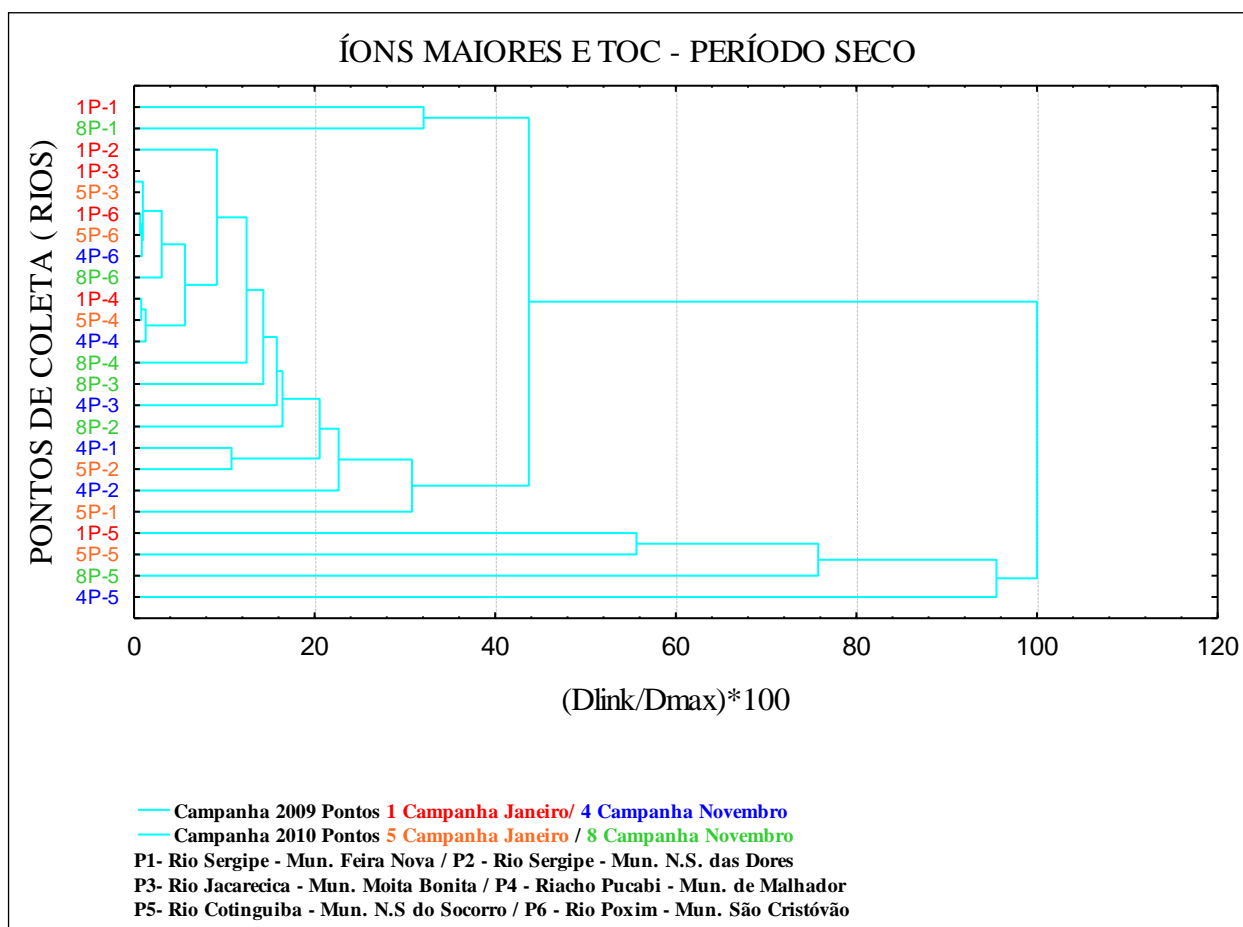
Fonte: SILVEIRA,2014.

Observou-se a separação das amostras em oito grupos, sendo que o primeiro grupo concentra vários grupos menores. A partir do segundo ao oitavo grupo, observou-se que o segundo grupo é o ponto P3 do período chuvoso que faz sua ligação com o grupo maior onde há a o agrupamento do maior número de pontos, a partir do terceiro grupo até o oitavo grupo temos os pontos P1, P4 e P5, no período seco tanto nas campanhas de 2009 e 2010, mostrando a similaridade entre eles e destacando a influência das variáveis do fósforo total, nitrogênio total e os íons maiores.

7.6.3.4 HCA - Íons maiores, TOC - período seco

A análise dos íons maiores e do TOC no período seco neste trabalho, utilizou a matriz com as 07 variáveis e 24 coletas, conforme pode-se observar na Figura 16.

Figura 16 – Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico para os íons maiores, TOC – Período seco.



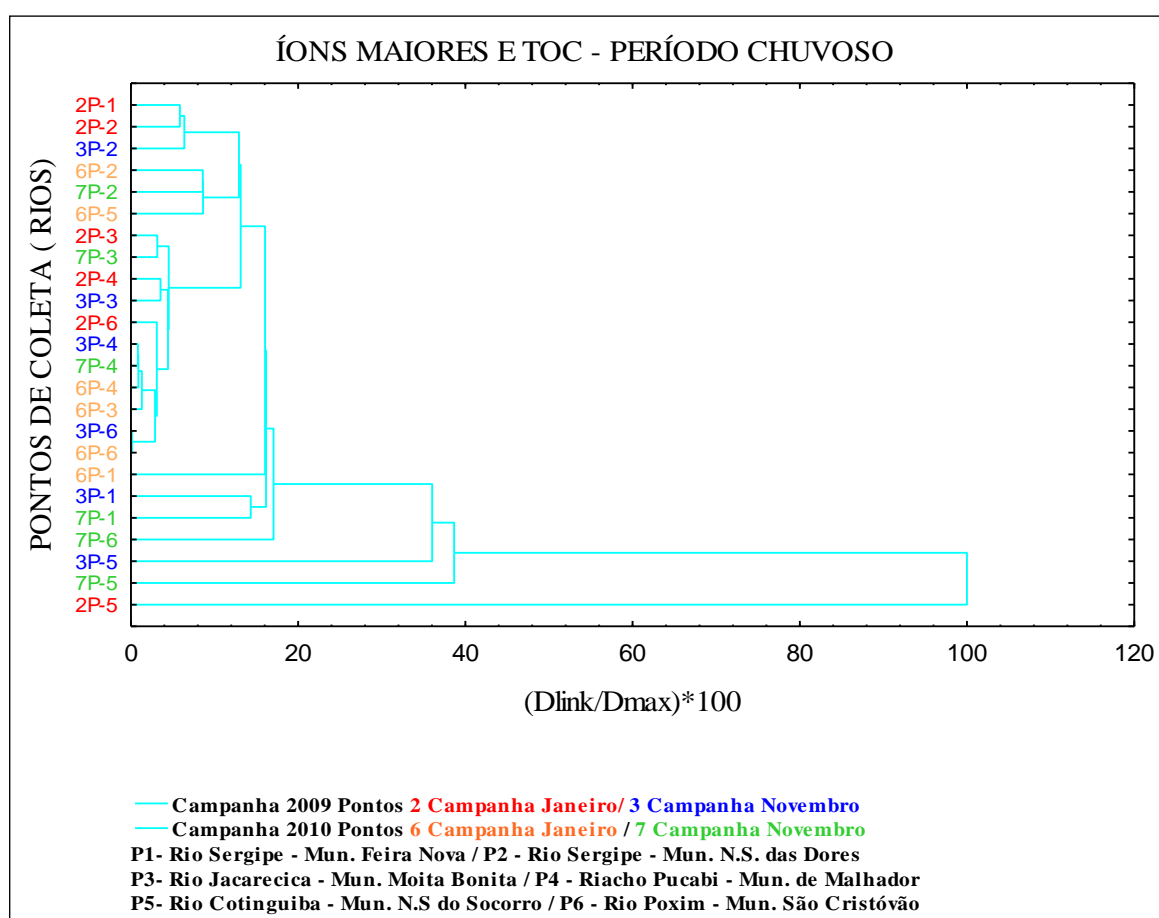
Fonte: SILVEIRA,2014.

Neste Dendrograma pode-se observar a formação de dois grupos, sendo que o primeiro grupo os pontos P1, P2, P3 P4 e P6 em ambas as campanhas de 2009 e 2010 fazem ligação entre eles, sendo que o ponto P3 nas campanhas em 2009 e 2010 no mês de janeiro não apresentam ligação com nenhum ponto em seu grupo, nestes períodos o rio encontrava-se seco, para tanto não foi realizada coleta para análise. No segundo grupo pode-se observar a separação de P5 em todos os períodos em que a coleta foi realizada em ambos as campanhas em 2009 e 2010, assim como ocorreu na PCA. Observou-se a similaridade entre eles, e a influência das variáveis dos íons maiores sobre este ponto.

7.6.3.5 HCA - Íons maiores, TOC - período chuvoso

Para análise dos íons maiores e o TOC, neste trabalho utilizou-se a matriz com as 07 variáveis e 24 coletas, conforme pode-se observar na Figura 17.

Figura 17 – Dendrograma da análise de agrupamento hierárquico - Íons maiores, TOC – Período chuvoso.



Fonte: SILVEIRA,2014.

Observou-se neste dendrograma, que os pontos P1, P2, P3, P4, P5 e P6 se separam do em pequenos grupos, que se ligam entre si. Observou-se também que P6 possui uma ligação na campanha que ocorreu em novembro de 2009 com a campanha que ocorreu em janeiro 2010. Os pontos P1, P5 e P6, observou-se que estes também formaram ligações entres eles, em todas as campanhas realizadas em 2009 e 2010. Observou-se que os pontos vão formando ligações entre si e entre os grupos, indicando a similaridade entre eles e a influência de todas as variáveis o TOC e os íons maiores, assim como observado na PCA.

8. CONCLUSÃO

A avaliação e interpretação dos parâmetros físico, químico e microbiológico, que interferem na qualidade da água foram caracterizados e dispostos em parâmetros gerais da água: Turbidez, cor aparente, pH, oxigênio dissolvido, condutividade, dureza total, óleos e graxas, alcalinidade total e sólidos dissolvidos totais; Íons maiores: Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-} ; Clorofila e Nutrientes: Fosforo total, Nitrogênio total, N - NH_3 , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} ; TOC, DBO, DQO, Coliformes; Metais: Cu, Mn, Fe, Cr, Ni, Cd, Pb, Zn e de acordo com os valores de concentração para **parâmetros gerais**, o maior valor de concentração apresentado foi para a variável **dureza total** no ponto P5, no rio Cotinguiba, município de N.S. do Socorro no período chuvoso na 2ª campanha de 2010, nos **íons maiores** o maior valor de concentração apresentado foi para a variável **Cl⁻** no ponto P5, no rio Cotinguiba município de N. S. do Socorro no período seco na 4ª campanha de 2010, para a **Clorofila-a e os Nutrientes**, o maior valor de concentração apresentado foi para a variável **Clorofila-a** no ponto P2, no rio Sergipe N. S. das Dores, no período seco na 1ª campanha de 2010, para o grupo do **TOC, DBO, DQO e Coliformes**, o maior valor de concentração apresentado foi para a variável **Coliformes totais** no ponto P3, no rio Jacarecica município de Moita Bonita no período chuvoso na 2ª campanha de 2009 e para os **Metais** o maior valor de concentração apresentado foi somente para o **Fe** no ponto P1, no rio Sergipe município de Feira Nova no período seco 1ª campanha de 2009; os demais metais **Cu**, **Mn**, **Cr**, **Ni**, **Cd**, **Pb**, **Zn** os valores analisados estavam abaixo do limite mínimo de detecção e no período em que ponto estava seco P3 rio Jacarecica município de Moita Bonita os valores não foram analisados.

Os valores obtidos para os parâmetros gerais, íons maiores, clorofila-a, nutrientes, TOC, DBO, DQO e coliformes, comparados com a resolução nº: 357/2005 do CONAMA

indicam que os pontos (rios) onde as variáveis apresentaram altos valores de concentração na bacia hidrográfica do rio Sergipe, não apresentam o padrão de classificação para águas de classe 1 e 2 destinadas ao consumo humano.

Verificou-se nas 05 (cinco) matrizes de correlação, elaboradas para este trabalho e dispostas da seguinte forma: parâmetros gerais; metais; íons maiores, TOC, nutrientes e clorofila; íons maiores, TOC e período seco; e íons maiores, TOC e período chuvoso; que todas possuem uma ligação forte entre as variáveis que foram combinadas em cada matriz e com a informação obtida a partir desta relação e comparadas com os valores estabelecidos na legislação foi possível, confirmar que as águas da bacia hidrográfica do rio Sergipe **não** estão dentro do que estabelece a classificação das águas para consumo humano.

Através da análise de componentes principais e análise de agrupamento hierárquico identificou-se que a tendência dos possíveis grupos nos pontos de coleta que são os pontos P1 e P5 e os pontos P3 e P4 para todos os parâmetros analisados juntos e tendo analisado os parâmetros de acordo com as matrizes de correlação, pode-se observar que os mesmos pontos se separam, indicando nos resultados a contaminação por ações antropogênicas como a agricultura de subsistência, pecuária e cultivo de cana-de-açúcar no médio sertão, agricultura comercial no agreste central e a atividade industrial e aglomeração urbana na grande Aracaju.

Diante do quadro analisado, há a necessidade de desenvolver ações para o controle e tentativa de minimização dos impactos gerados por estes atores de poluição que são as atividades exercidas no uso e ocupação do solo ao longo da área na bacia hidrográfica do rio Sergipe.

Este trabalho foi desenvolvido a partir do relatório de pesquisa contratado pela FAPITEC/SE /MCT/CNPq, para a Avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe, elaborado pela pesquisadora Maria Nogueira Marques e equipe do Instituto de Pesquisa Tecnológico de Sergipe – ITPS, para verificar a qualidade da água nas referidas bacias hidrográficas, baseados nos conceitos de Índices de Qualidade da água (IQA).

A água é indispensável a população. A qualidade da água na bacia hidrográfica do rio Sergipe foi abordada neste trabalho como forma de buscar um levantamento de referências, da preocupação com este bem mineral e a sua qualidade para a população que a utiliza.

9. REFERÊNCIAS

Adar, E.M., Rosenthal, E., Issar, A.S., Batelaan, O. Quantitative assessment of the flow pattern in the southern Arava Valley (Israel) by environmental tracers and a mixing cell model. **Journal of Hydrology** 136, 333–352. 1992.

Aguiar Netto, A. O. (Org.); Matos, E. L. de (Org.). **Distintos Olhares dos Rios Sergipanos**. 1. ed. São Cristóvão: Editora da Universidade Federal de Sergipe, 2012.

Aguiar Netto, Antenor de Oliveira e Gomes, Laura Jane (organizadores). **Meio ambiente: distintos olhares**. São Cristóvão: Editora UFS, 2010.

Alves, José do Patrocínio Hora. Garcia, Carlos Alexandre Borges. **Diagnóstico e Avaliação Ambiental da Sub-Bacia Hidrográfica do Rio Poxim Qualidade da Água**. Universidade Federal de Sergipe. Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos. 2006.

Alves, José do Patrocínio Hora (organizador). **Rio Sergipe: importância, vulnerabilidade e preservação**. São Cristóvão: Editora UFS, 2006.

American Public Health Association - APHA. **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**. 20th Edition, SMEWW 9222 A, B, C, D, E, 2005.

American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environmental Federation. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** Publisher: American Public Health Association. 21th Edition, 2005.

Andrade, Eunice Maia de; Araújo, Lúcia de Fátima Pereira; Rosa, Morsyleide de Freitas; Gomes, Raimundo Benvindo; Lobato, Francisco Antônio de Oliveira. Fatores determinantes da qualidade das águas superficiais na bacia do Alto Acaraú, Ceará, Brasil. **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.6, p.1791-1797, nov-dez, 2007.

Andrade, Eunice M. de; Araújo; Lúcia de F. P.; Rosa; Morsyleide F.; Disney, Walt; Alves, Aurilea B. Seleção dos indicadores da qualidade das águas superficiais pelo emprego da análise multivariada. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690, set./dez.2007.

Araújo, Rennan G. O. QUIM0025 – Quimiometria. **Teste de significância**, aula 4, p. 24-27. Programa de pós-graduação em química. Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão/SE, agosto de 2013.

Atanacković, Nebojša; Dragišić, Veselin; Stojković, Jana; Papić, Petar; Živanović, Vladimir. Hydrochemical characteristics of mine waters from abandoned mining sites in Serbia and their impact on surface water quality. **Springer-Verlag Berlin Heidelberg**, 20, 7615–7626, 2013.

Barreto, Luciano Vieira; Rocha, Felizardo Adenilson; Oliveira, Melquesedek Saturnino Cabral. **Monitoramento da qualidade da água na microbacia hidrográfica do rio catolé, em Itapetinga-BA**. Curso de Especialização em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB Centro Científico Conhecer - ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Goiânia, vol.5, n.8, 2009

Bellon, A.S., Mosser, C., Roquin, C., Pardo, E.S. Geochemical characterization of sedimentary basins by statistical analysis: the Mio–Pliocene sequences of the Vera Basin, SE Spain. **Chemical Geology** 116, 229–243, 1994.

BRASIL. **Lei nº: 9433, 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 1997. Disponível em:< http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm> Acesso em: 19.02.2014.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria n.º 1469/2000**. Brasília, DF, 2000. Disponível em:< http://www.comitepcj.sp.gov.br/download/Portaria_MS_1469-00.pdf>. Acesso em: 20.07.2014.

BRASIL. Agencia Nacional de Águas. **Portal da Qualidade da Água**. Disponível em:< <http://pnqa.ana.gov.br/default.aspx>>. Acesso em: 19.02.2014.

Bollmann, Harry Alberto; Marques, David da Motta. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, volume 5 nº:1 Jan/Mar 2000, 37-60.

Bollmann, Harry Alberto; Marques, David da Motta. Bases para a estruturação de indicadores de qualidade de águas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, volume 5 nº:1 Jan/Mar 2000, 37-60.

Cloutier, Vincent; Lefebvre, René; Therrien, René; Savard, Martine M. **Multivariate statistical analysis of geochemical data as indicative of the hydrogeochemical evolution of groundwater in a sedimentary rock aquifer system**. Received 9 August 2007; received in revised form 16 February 2008; accepted 22 February 2008 *Journal of Hydrology* (2008) 353, 294– 313.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução nº **357 de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf> >. Acesso em: 19.07.2013.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. **Resolução nº 430 de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Disponível em: < http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30_e31mar11.pdf >. Acesso em: 19.07.2013.

Correia, Paulo R. M.; Ferreira, Márcia M.C. **Reconhecimento de padrões por métodos não supervisionados: explorando procedimentos quimiométricos para** tratamento de dados analíticos. *Revista Química nova*, volume 30 nº 2 481-487, 2007.

Costa, Adnivia Santos, **Caracterização da matéria orgânica dissolvida nas águas da bacia hidrográfica do estado de Sergipe**. Dissertação de mestrado em química. Núcleo de pós-graduação em química, pró-reitoria de pós-graduação e pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2011.

Costa, Letícia Gozzer; Damasceno, Marcos Vinícius Nogueira; Santos, Roberta de Souza .**A Conferência de Estocolmo e o pensamento ambientalista: como tudo começou**.

Disponível em:< http://www.ambitojuridico.com.br/site/?nlink=revista_artigos_leitura&artigo_=1292 >. Acesso em 10.04.2014.

Davis, J.C. **Statistics and Data Analysis in Geology**. John Wiley & Sons Inc., New York. 1986.

DNOCS. Plano diretor do Vale do Acaraú. **Pedologia**. Fortaleza, 1977a. V.2, 96p.

Falqueto, Milena Aímola. **Avaliação do índice de qualidade da água (IQA) e dos elementos químicos nas águas e sedimentos do rio Corumataí- SP**. Dissertação de mestrado em Ecologia Aplicada. Escola Superior de Agricultura “ Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

Gazzaz, Nabeel M.; Yusoff, Mohd Kamil; Ramli, Mohammad Firuz; Aris, Ahmad Zaharin; Juahir, Hafizan. Characterization of spatial patterns in river water quality using chemometric pattern recognition techniques. **Elsevier. Marine Pollution Bulletin**. 64, 688–698, 2012.

Gomes, Marco Antônio Ferreira. **Água: sem ela seremos o planeta Marte de amanhã**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Meio Ambiente, 2011.

Grassi, Marco Tadeu. **Águas no planeta Terra**. Cadernos Temáticos de Química Nova na Escola. Edição especial, maio, 2001.

Grego, Christiana Kelly da Silva; Feitosa, Fernando Antônio do Nascimento; Honorato da Silva, Marcos; Flores Montes, Manuel de Jesus. Distribuição espacial e sazonal da clorofila a fitoplanctônica e hidrologia do estuário do rio Timbó (Paulista – PE). **Revista Tropical Oceanography**, Recife, v. 32, n. 2, p. 181-199, 2004.

Guñler, C., Thyne, G.D., McCray, J.E., Turner, A.K. Evaluation of graphical and multivariate statistical methods for classification of water chemistry data. **Hydrogeology Journal**, 10:455–474, 2002.

Hershey, Ronald L.; Mizell, Steve A.; Earman, Sam. Chemical and physical characteristics of springs discharging from regional flow systems of the carbonate-rock province of the Great Basin, western United States. **Hydrogeology Journal**, 18: 1007–1026, February 2010.

Jayakumar, R., Siraz, L. Factor analysis in hydrogeochemistry of coastal aquifers – a preliminary study. **Environmental Geology**, 31, 174–177, 1997.

LAGO, A. A. C. **Estocolmo, Rio, Joanesburgo: o Brasil e a três conferências ambientais das Nações Unidas**. Brasil. Thesaurus Editora. 2007.

Libânio, Marcelo. **Fundamentos da Qualidade da água**. Campinas, SP. Editora Átomo, 3ª Edição, 2010.

Lim, Wan Ying; Aris, Ahmad Zaharin; Praveena, Sarva Mangala. Application of the chemometric approach to evaluate the spatial variation of water chemistry and the identification of the sources of pollution in Langat River, Malaysia. **Saudi Society for Geosciences**, 2012.

Lucas, Ariovaldo A. T, Folegatti, Marcos V., Duarte, Sérgio N. Qualidade da água em uma microbacia hidrográfica do Rio Piracicaba. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.9, p.937–943, 2010.

Machado, William Cesar Pollonio; Becegato, Valter Antonio; Bittencourt, André Virmond Lima; Cabral, João Batista Pereira. Qualidade da água do rio Conrado localizado na bacia hidrográfica do rio Pato Branco - sudoeste do estado do Paraná.

R. RA'E GA, Curitiba, Editora UFPR. n. 17, p. 53-64, 2009.

Malheiros, Carolina Hotêncio e et.al. Qualidade da água de uma represa localizada em área agrícola (Campo Verde, MT, Brasil). **Revista Ambiente e Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: V7, n2, 2012.

Marques, Maria Nogueira. **Avaliação de metais e elementos-traço em águas das bacias hidrográficas dos rios Japarutuba, Sergipe, Vaza-Barris, Piauí e Real no Estado de Sergipe**. Relatório de pesquisa FAPITEC/SE /MCT/CNPq, 2011.

Melo, Juliana Maria Medrado de; Lopes, Iug; Guirra, Isane Carine; Amorim Miriam Cleide Cavalcante. **Diagnóstico dos impactos ambientais provocado pelo desenvolvimento urbano sobre as margens do rio São Francisco, um estudo de caso da cidade de Santa Maria da Boa Vista-PE**. *Universidade Federal do Vale do São Francisco. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador/BA – 25 a 28/11/2013

Miller, G. T. **Ciência Ambiental**. Tradução All Tasks, A.; revisão técnica DELITTI, W. B. C., pp. 59,60, São Paulo: Thomson Learning, 2007.

Mohapatra, P. K. ; Vijay, R. ; Pujari, P. R. ; Sundaray S. K.; Mohanty B. P..Determination of processes affecting groundwater quality in the coastal aquifer beneath Puri city, India: a multivariate statistical approach. **Water Science & Technology**, 64.4,2011.

Moita Neto, José Machado, Moita, Graziella Ciaramella. Uma Introdução à análise exploratória de dados multivariados. **Revista Química Nova**. Volume 21 nº: 4, 467-469, 1998.

Moraes, Prof. Dr. Peterson B. - **ST 502 – Tratamento biológico de efluentes líquidos**
ST 503 - Tratamento físico-químico de efluentes líquidos. Curso Superior de Tecnologia em Saneamento Ambiental. Centro Superior de Educação Tecnológica. Universidade Estadual de Campinas. 1S 2008.

Mudry, J., Blavoux, B. Utilisation de l'analyse en composantes principales pour l'étude du fonctionnement hydrocinématique de trois aquifères karstiques du Sud-Est de la France. **Hydrogéologie**. 1, 53–59, 1986.

Organizações das Nações Unidas. **A ONU e a água.** Disponível em: <<http://www.onu.org.br/a-onu-em-acao/a-onu-em-acao/a-onu-e-a-agua/>>. Acesso em: 19.02.2013.

Organizações das Nações Unidas. **Declaração da conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente Humano.** Disponível em: <<http://www.unep.org/Documents.Multilingual/Default.asp?DocumentID=97&ArticleID=1503&l=en>>. Acesso em: 10.04.2014.

Osman R, Saim N, Juahir H, Abdullah M. Chemometric application in identifying sources of organic contaminants in Langat river basin. **Environ Monit Assess** 184(2):1001–1014, 2012

Ouyang, Ying. Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. **Water Research** 39,2621–2635,2005.

Pfaff, John D. U.S. Environmental Protection Agency. **Method 300.0 Determination of inorganic anions by ion chromatography.** Environmental monitoring systems laboratory. Office of research and development. Inorganic Chemistry Branch. Chemistry Research Division Cincinnati, Ohio 45268. Revision 2.1 August 1993.

PALÁCIO, H.A. de Q. **Índice de qualidade das águas na parte baixa da bacia hidrográfica do rio Trussu, Ceará.** 2004. 96f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

PARAÍBA. Governo do Estado da. **O Dia Mundial da Água**. Companhia de água e esgoto da Paraíba. Disponível em:< <http://www.cagepa.pb.gov.br/portal/?p=4186> >. Acesso em: 27.05.2013

Qiao, S. Q., Yang, Z. S., Pan, Y. J., & Guo, Z. G. Metals in suspended sediments from the Changjiang (Yangtze River) and Huanghe (Yellow River) to the sea, and their comparison. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 74, 539–548.2007.

Ruiz, F., Gomis, V., Blasco, P., 1990. Application of factor analysis to the hydrogeochemical study of a coastal aquifer. *Journal of Hydrology*, 119, 169 – 177.

SANTA CATARINA. **Centro de Disseminação de Informações para a gestão de bacias hidrográficas**. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Disponível em:< <http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/historico-novo>>. Acesso em: 19.02.2013.

Santos, Wesley Alves dos; Hélio Mário de Araújo. Hidrografia e hidrogeologia: qualidade e disponibilidade de água para abastecimento humano na Sub-Bacia hidrográfica do rio Cotinguiba-SE. Departamento de Geografia. Universidade Federal de Sergipe. **Revista geografares**, nº13, p.102-134, dezembro, 2012.

SÃO PAULO. Governo do Estado de,. **Histórico da legislação hídrica no Brasil**. Disponível em:< <http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/38-Historico-da-Legisla%C3%A7%C3%A3o-H%C3%ADdrica-no-Brasil>>. Acessado em: 19.02.2013.

SÃO PAULO. Governo do Estado de. **Qualidade das águas interiores no estado de São Paulo. Significado ambiental e sanitário das variáveis de qualidade das águas e dos sedimentos e metodologias analíticas e de amostragem**. Série relatórios, apêndice A. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB. Disponível em: < <http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/agua/aguas-superficiais/variaveis.pdf>>.Acessado em: 10.04.2014.

SÃO PAULO. Governo do Estado de. **Águas Superficiais-variáveis de qualidade das águas.** Companhia Ambiental do estado de São Paulo - CETESB Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/agua/%C3%81guas-Superficiais/34-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-das-%C3%81guas>>. Acessado em: 20.05.2014.

Sarti, A.; Silva, A. J.; Côrtes, R. S.; Foresti, E. Remoção de sulfato de águas residuárias industriais em reator anaeróbio de leito fixo operado em bateladas sequenciais. **Eng. Sanit. Ambient.** Vol.13, N. 1, pp. 15-22, 2008.

Schot, P.P., van der Wal, J. Human impact on regional groundwater composition through intervention in natural flow patterns and changes in land use. **Journal of Hydrology**, 134, 297–313, 1992.

SERGIPE. Governo do Estado de. Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO. **Contratação de serviços de reflorestamento e revegetação para atender aos projetos de preservação, conservação e recuperação de mananciais das diversas bacias hidrográficas utilizadas pela DESO para o abastecimento público.** 2013.

SERGIPE. Governo do Estado de. Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO. **Implantação e manutenção de cinturões verdes (cortina arbórea) nas estações de tratamento de esgotos - ETE'S e estações da recuperação da qualidade - ERQ'S operadas pela DESO.** 2012.

SERGIPE. Governo do Estado de. **Lei Estadual nº: 3.870 de 27 de setembro de 1997.** Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. Superintendência de Recursos Hídricos. 2001. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/srh/modules/tinyd0/index.php?id=12>>. Acesso em: 19.02.2014.

SERGIPE. Governo do Estado de. **Relatório de avaliação ambiental. Programa Águas de Sergipe.** Secretaria de Estado do meio ambiente e dos recursos hídricos. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/srh/modules/tinyd0/index.php?id=78>>. Acesso em: 19.02.2014.

SERGIPE. Governo do Estado de. **Relatório de diagnóstico e avaliação ambiental da Sub-Bacia hidrográfica do rio Poxim**. Companhia de Saneamento de Sergipe – DESO, Departamento de Química-DEQ, Departamento de Engenharia Agrônômica – DEA. Universidade Federal de Sergipe-UFS,2006.

SERGIPE. Governo do Estado de. **Relatório Final de Enquadramento dos Cursos d'Água de Sergipe**. Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Recursos Hídricos. 2001.

SERGIPE. Governo do Estado de. **Regimento Interno do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Sergipe**. Secretaria de Estado do meio ambiente e dos recursos hídricos. Disponível em: < <http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php>>. Acesso em: 19.08.2014.

Silva-Filho, E.V., Sobral Barcellos, R.G., Emblanch, C., Blavoux, B., Sella, S.M., Daniel, M., Simler, R., Wasserman, J.C., 2009. Groundwater chemical characterization of a Rio de Janeiro coastal aquifer, SE – Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, 27, 100–108.

Silva, Marinoé Gonzaga da. **Caracterização da qualidade da água na barragem do perímetro irrigado Jacarecica I, Itabaiana – Sergipe**. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Núcleo de Pós-Graduação e Estudos em Recursos Naturais, Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa, Universidade Federal de Sergipe, 2006.

Silvestre, Maria Elisabeth Duarte. Código de 1934: água para o Brasil industrial. **Revista geopaisagem (on line)** Ano 7, nº 13, janeiro/junho de 2008. Disponível em: <<http://www.feth.ggf.br/%C3%81gua.htm>>. Acesso em: 19.02.2013

Simeonov, V.; Stratib, J.A. ; Samarc, C.; Zachariadis, G.; Voutsas, D.; Anthemidis, A. ; Sofonioub, M.; Kouimtisc, Th. Assessment of the surface water quality in Northern Greece. **Water Research**, 37, 4119–4124, 2003.

Singh, Kunwar P.; Malik, Amrita; Mohan, Dinesh; Sinha, Sarita. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India)—a case study. **Water Research**, 38, 3980–3992, 2004

Souza, Giancarlos da Silva. **Avaliação da Bacia Hidrográfica do rio Paraguaçu utilizando análise multivariada**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

StatSoft Inc. STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 6. 2004.

Toledo, Luís Gonzaga de; Nicolella, Gilberto. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. **Revista Scientia Agricola**, vol.59 n°1 Piracicaba jan./mar. 2002. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010390162002000100026&script=sci_arttext>. Acesso em: 20.07.2014.

Tozoni-Reis, M. F. C. **Formação dos educadores ambientais e paradigmas em transição**. Ciência & Educação, v.8, n°1, p.83 – 96, 2002.

Ursulino, Bruno, Silva; Lima, Marise Daniele Maciel; Silva, Priscilla Barbosa de Araújo; Pinheiro, Maria Jaiane Germano; Lima, Jefferson Queiroz; Santos, Yannice Tatiane da Costa. **Variação da alcalinidade ao longo do tratamento de esgoto**. 65ª Reunião anual da sociedade brasileira para o progresso da ciência. Universidade Federal de Pernambuco. Recife/PE, 2013. Disponível em: < <http://www.sbpnet.org.br/livro/65ra/resumos/resumos/6547.htm>>. Acesso em: 20.07.2014.

Van Helvoort, P.J., Filzmoser, P., Van Gaans, P.F.M. Sequential factor analysis as a new approach to multivariate analysis of heterogeneous geochemical datasets: an application to a bulk chemical characterization of fluvial deposits (Rhine–Meuse delta, The Netherlands). **Applied Geochemistry**, 20, 2233–2251, 2005.

Vasconcellos, F.C. da S., Iganci, J.R.V., Ribeiro, G.A. **Qualidade microbiológica da água do rio São Lourenço, São Lourenço do Sul, Rio Grande do Sul.** Universidade Federal de Pelotas, Instituto de Biologia, Campus Universitário, s/no, CEP 96010-900, Pelotas, RS, Brasil,2006.

Vasco, Anderson Nascimento do; Britto, Fábio Brandão; Pereira, Ana Paula Sousa; Mélo Júnior, Arisvaldo Vieira; Garcia, Carlos Alexandre Borges; Nogueira, Luis Carlos. Avaliação espacial e temporal da qualidade da água na Sub-Bacia do rio Poxim, Sergipe, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science.** v. 6, n. 1, 2011.

Vilar, José Wellington Carvalho; Araújo, Hélio Mário de. (Organizadores).**Território, meio ambiente e turismo no litoral sergipano.** São Cristóvão, Editora UFS,2010.

Von Sperling, Marcos. **Introdução à qualidade da água e ao tratamento de esgotos-** 3 ed.- Belo Horizonte: departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais,2005.

Von Sperling, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios.-** Belo Horizonte: departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais,2007.

Wang, Lan; Wang, Yaping; Xu, Chunxue ; An, Ziyi; Wang, Suming .Analysis and evaluation of the source of heavy metals in water of the River Changjiang. **Springer Science+Business Media B.V.** 2010.

Yidana, S.M., 2010. Groundwater classification using multivariate statistical methods: southern Ghana. **Journal of African Earth Sciences**, **57**, 455–469.

Zambetta,P.A. **Elementos metálicos (Al, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Sn) no sedimento e nos sólidos em suspensão no rio Corumbataí,** SP Piracicaba,2006. 59p. Dissertação (Mestrado na Área de Ecologia Aplicada) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiróz” (Universidade de São Paulo, Piracicaba,2006.

Zghibi, A., Zouhri, L., Tarhouni, J., 2011. Groundwater modelling and marine intrusion in the semi-arid systems (Cap-Bon, Tunisia). **Hydrological Processes**: 25, 1822–1836.

Zghibi, Adel; Merzougui, Amira; Zouhri , Lahcen; Tarhouni; Jamila. Understanding groundwater chemistry using multivariate statistics techniques to the study of contamination in the Korba unconfined aquifer system of Cap-Bon (North-east of Tunisia). **Elsevier. Journal of African Earth Sciences**: 89, 115, 2014.